

Estudio Analítico del Proyecto Final de Grado de Arquitectura Técnica y Edificación. Optimización y relación de las actividades de aprendizaje con las principales competencias profesionales demandadas por el sector y la sociedad

Enrique Peña Camarillas

<http://hdl.handle.net/10803/462860>

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.

TESIS DOCTORAL

Título	Estudio Analítico del Proyecto Final de Grado de Arquitectura Técnica y Edificación. Optimización y relación de las actividades de aprendizaje con las principales competencias profesionales demandadas por el sector y la sociedad
Realizada por	Enric Peña Camarillas
en el Centro	Enginyeria i Arquitectura La Salle. Universitat Ramon LLull
y en el Departamento	Arquitectura
Dirigida por	PhD. David Fonseca Escudero (URL) PhD. Nuria Martí Audí (URL)

Estudio Analítico del Proyecto Final de Grado de Arquitectura Técnica y Edificación. Optimización y relación de las actividades de aprendizaje con las principales competencias profesionales demandadas por el sector y la Sociedad

Estudi Analític del Projecte Final de Grau d'Arquitectura Tècnica i Edificació. Optimització i relació de les activitats d'aprenentatge amb les principals competències professionals demandades pel sector i la Societat

Analytical approach of the Technical Architecture and Building Final Degree Project. Optimization and relation of the learning activities with the main professional competences demanded by the professional sector and the Society

AGRADECIMIENTOS

A TODOS LOS QUE ME HAN AYUDADO.

A aquellos que les pedí ayuda y me dedicaron su atención en mayor o menor medida.

A aquellos que siempre me ayudan, aunque no se lo pida.

A aquellos que les pedí ayuda y no me la prestaron.

A aquellos que no se lo pedí y me dedicaron su tiempo y su atención.

A todos los que me han ayudado sin saberlo.

A Nuria y David. Sin vuestro rigor, metodología y ayuda hubiera sido muy difícil convertir una novela didáctica en un ensayo, un ensayo en un tratado, y un tratado en una tesis.

Muchas gracias.

El porqué.

S	R	G	I	N	W	A	C	T	T	H	J
A	F	E	I	N	O	L	S	X	E	C	I
P	L	Y	B	I	D	V	U	K	T	L	Z
Z	C	E	I	O	J	O	E	L	E	A	D
L	B	E	C	A	F	I	T	O	T	E	L
T	E	M	A	M	I	L	A	L	I	C	E
J	D	I	N	A	C	F	E	I	M	S	N
D	R	I	C	N	A	H	B	E	O	L	O
X	U	N	E	A	P	A	C	N	E	N	H
V	Y	E	N	N	D	R	I	H	D	T	U
R	A	I	N	O	S	V	E	I	L	O	M

RESUMEN

Tanto el grado de Arquitectura Técnica y Edificación (nomenclatura actual), como las atribuciones profesionales relacionadas con los estudios, han sufrido constantes cambios y evoluciones desde sus primeras reseñas. Recientemente, los cambios de nomenclatura, las modificaciones de los Planes Académicos, así como, la crisis global que ha afectado especialmente al sector de la Construcción en España, ha generado un descenso de los estudiantes de grado universitario. Este descenso también ha afectado al grado de Arquitectura Técnica y Edificación, aunque el mismo ha mantenido una alta tasa de incorporación laboral de sus estudiantes, en contra de otros estudios relacionados como el de Arquitectura.

En un contexto como el que nos ocupa, es fundamental optimizar las actividades docentes del grado para conseguir egresados que contemplen en su currículo las principales competencias profesionales que demanda el sector y la sociedad, y una alta calificación y asimilación de las mismas. En la medida que las actividades docentes evolucionen y mejoren, permitirán a los alumnos una mejor incorporación, algo esencial en un entorno actualmente muy competitivo en el sector de la edificación y para las propias universidades.

La presente tesis, aporta un estudio analítico de las variables que caracterizan una de las asignaturas más importantes del grado: el Proyecto Final de Grado (PFG). El objetivo es analizar el grado de preparación del alumno en función de una serie de variables asociadas al desarrollo del PFG y relacionar las actividades de aprendizaje definidas en el mismo con las principales competencias profesionales demandadas por el sector de la Edificación. Más allá de percepciones subjetivas y fundamentos basados en la experiencia de los profesionales, la investigación aporta un enfoque innovador al haber sido capaz de identificar, analizar y re-ordenar una serie de variables y actividades con el fin de mejorar los estudios de Arquitectura Técnica y Edificación, sentando las bases para validaciones futuras tanto en estos como en otros estudios de grado.

RESUM

Tant el grau d'Arquitectura Tècnica i Edificació (nomenclatura actual), com les atribucions professionals relacionades amb els estudis, han sofert constants canvis i evolucions des de les seves primeres ressenyes. Recentment, els canvis de nomenclatura, les modificacions dels Plans Acadèmics, així com, la crisi global que ha afectat especialment al sector de la Construcció a Espanya, ha generat un descens dels estudiants de grau universitari. Aquest descens també ha afectat al grau d'Arquitectura Tècnica i Edificació, encara que el mateix ha mantingut una alta taxa d'incorporació laboral dels seus estudiants, en contra d'altres estudis relacionats com el d'Arquitectura.

En un context com el que ens ocupa, és fonamental optimitzar les activitats docents del grau per aconseguir titulats que contemplin en el seu currículum les principals competències professionals que demana el sector i la societat, així com una alta qualificació i assimilació de les mateixes. En la mesura que les activitats docents evolucionin i millorin, permetran als alumnes una millor incorporació, quelcom essencial en un entorn actualment molt competitiu en el sector de l'edificació i dins de les pròpies universitats.

La present tesi, aporta un estudi analític de les variables que caracteritzen una de les assignatures més importants del grau: el Projecte Final de Grau (PFG). L'objectiu és analitzar el grau de preparació de l'alumne en funció d'una sèrie de variables associades al desenvolupament del PFG i relacionar les activitats d'aprenentatge definides en el mateix amb les principals competències professionals demandades pel sector de l'edificació. Més enllà de percepcions subjectives i fonaments basats en l'experiència dels professionals, la investigació aporta un enfocament innovador en haver estat capaç d'identificar, analitzar i reordenar una sèrie de variables i activitats per tal de millorar els estudis d'Arquitectura Tècnica i Edificació, establint les bases per a validacions futures tant en aquests com en altres estudis de grau.

ABSTRACT

Both, the degree of Technical Architecture and Building (current terminology), as well as the professional attributions related to the studies, have undergone constant evolution and changes since their first reviews. Recently, the terminology changes, the modifications of the Academic Plans, as well as the global crisis, that has affected especially the construction sector in Spain, has generated a fall in university degree students. This decrease has also affected the degree of Technical Architecture and Building, but it still maintains a high rate of employment incorporation of its students, compared to other related studies such as Architecture.

In a context like the one we are dealing with, it is essential to optimize the teaching activities in order to obtain graduates who contemplate in their CV the main professional capacities demanded by the sector and society, and a high qualification and assimilation of them. As the teaching activities evolve and improve, it will allow the students a better incorporation, something essential in a currently very competitive environment in the building professional sector, and the universities themselves.

The present thesis provides an analytical study of the variables that characterize one of the most important subjects of the degree: the Final Project. The aim is to analyze the degree of student preparation that is based on a set of variables associated with the development of the PFG and relate to the learning activities defined in it, and with the main professional capacities demanded by the building sector. Beyond subjective perception and foundations based on the experience of professionals, the research provides an innovative approach capable of identifying, analyzing and re-ordering a series of variables and activities in order to improve the studies of Technical Architecture and Building, laying the foundation for future validations in other Spanish Schools as well as in other technical degree studies.

Tesis doctoral por compendio de publicaciones

Normativa para la elaboración de Tesis Doctorales por Compendio de Publicaciones en la Universidad Ramon Llull

La presente tesis doctoral se acoge a la normativa para la elaboración de tesis doctorales por compendio de publicaciones de la Universitat Ramon Llull. La normativa consta de los siguientes puntos:

1. Una tesis doctoral por compendio de publicaciones estará formada por un mínimo de tres artículos sobre una misma línea de investigación.

2. Sólo se aceptarán artículos de publicaciones que dispongan de un sistema de evaluación por 'peer review' y/o que estén indexadas preferentemente en bases de datos científicas internacionales.

3. Sólo se aceptarán artículos publicados, o aceptados para su publicación, realizados con fecha posterior a la primera matriculación del doctorando a los estudios de doctorado o máster universitario.

4. Los coautores de los artículos darán su conformidad por escrito a la utilización del artículo como parte de la tesis de doctorado.

5. Los coautores de los artículos publicados no formarán parte del tribunal de la tesis.

6. Los coautores de los artículos publicados y utilizados en una tesis que no tengan el grado de doctor renunciarán por escrito a utilizar el artículo en otra tesis. La Comisión Académica del Programa de Doctorado podrá considerar excepciones justificadas en la aplicación de esta norma, con el visto bueno de la Comisión de Doctorado de la URL

7. La tesis contará, al menos, con una introducción general que presente los trabajos publicados y la contribución específica del doctorando/a, una justificación de la unidad temática, una copia de cada trabajo publicado, un resumen global de los resultados, su discusión y las conclusiones finales.

8. Por todo lo anterior, habrá siempre, antes del depósito de la tesis, una presentación de solicitud formal a la Comisión Académica del Programa de

Doctorado y su aceptación favorable, la cual velará por la calidad de las publicaciones que se quieren presentar para la tesis. A dicha solicitud se unirá también un informe del director de la tesis indicando cuál es la contribución específica del doctorando al trabajo presentado y la del resto de autores, si es pertinente.

Será necesario presentar el acta de aprobación de la Comisión Académica del Programa de Doctorado en la Comisión de Doctorado de la URL en el momento de la tramitación ordinaria de la Tesis¹.

La presente tesis cumple con todos los puntos previamente citados.

Los artículos presentados en el compendio son los siguientes:

- A. **Relationship between learning indicators in the development and result of the Building Engineering Degree Final Project.** *Enric Peña, David Fonseca, Nuria Martí.* TEEM2016 – 4th Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, 2-4 November (2016), Salamanca (Spain), en Actas de la Conferencia, Vol.1, pp. 335-340, ISBN: 978-1-4503-4747-1, Editado por Francisco José García-Peñalvo, ACM Library DOI: 10.1145/3012430.3012537 [BEST PAPER AWARD, Track Learning Analytics].
- B. **Relationship between specific professional competences and learning activities of the building and construction engineering degree final project.** *Enric Peña, David Fonseca, Nuria Martí, José Ferrándiz.* International Journal of Engineering Education. (Aceptado, 18 diciembre 2017).
- C. **Design of interactive and collaborative learning units using TICs in architectural construction education.** *Núria Martí, David Fonseca, Enric Peña, Marta Adroer, David Simón.* Revista de la Construcción. Journal of Construction. ISSN: 0718-915X. Abril 2017, 16(1), pp. 34-42, DOI:10.7764/RDLC.16.1.33

¹ Actualización aprobada por la Comisión de Doctorado de la URL del 13/07/2016

1 ÍNDICE

1	Índice	xv
2	Introducción	19
2.1	Vinculación del autor y motivación	19
2.2	Hipótesis y objetivos	23
2.3	Percepción inicial. Puesta “en contexto”	27
2.4	Innovación de la investigación. El Método.	29
3	Marco teórico	33
3.1	Historia de la Profesión y Marco Legal	33
3.2	Estudios de Arquitectura Técnica.....	43
3.3	El Proyecto Final de Grado (PFG).....	55
3.3.1	<i>Normativas reguladoras</i>	55
3.3.2	<i>EL PFG en universidades españolas</i>	57
3.3.3	<i>El PFG en La Salle</i>	80
3.4	El sistema Competencial del proceso de Bolonia y la Minería de Datos Educativos. Proceso de análisis.	93
3.4.1	<i>Competencias educativas y su aprendizaje</i>	94
3.4.2	<i>Minería de datos educativos/académicos (MDE/MDA). Procesos analíticos en la interpretación de datos</i>	97
3.4.3	<i>Análisis estadísticos</i>	100
4	Presentación del compendio	103
4.1	Vinculación de los Artículos	103
4.2	Ordenación de los Artículos	108
5	Resultados	141
5.1	Análisis INICIAL del PFG-La Salle	141
5.2	Análisis COMPARATIVO del PFG-La Salle	147
5.3	Análisis de competencias profesionales.....	151
6	Conclusiones y Líneas de Futuro	159
6.1	Discusión.....	163
6.2	Líneas de Futuro	175
7	Referencias	179
8	Anexo	187

Índice de ilustraciones

Ilustración 1.- Facultades/Universidades que ofrecen actualmente (a fecha 29/11/2017) los estudios relacionados con alguna de sus nomenclaturas.	53
Ilustración 2.- Número de créditos del PFG en los centros estudiados.	77
Ilustración 3.- Duración prevista del PFG según el Plan de Estudios de cada centro.	77
Ilustración 4.- Posibilidad de realizar el PFG en grupo o individual por centros.	78
Ilustración 5.- Identificación de quién hace la propuesta del PFG por centros.	78
Ilustración 6.- Número de personas que conforman el tribunal del PFG por centros.	79
Ilustración 7.- Tiempo disponible para la defensa por parte del alumno del PFG.	79
Ilustración 8.- Sistema evaluativo del PFG por centros.	80
Ilustración 9.- Tabla de evaluación del PFG en tribunal.	91
Ilustración 10.- Distribución de metodologías, bloques y procesos de trabajo asociados a la tesis en relación al cronograma temporal y los artículos seleccionados.	104
Ilustración 11.- Promedio de notas del PFG.	142
Ilustración 12.- Promedio de notas para proyectos de tipo Obra Nueva.	142
Ilustración 13.- Promedio de notas para proyectos de tipo Rehabilitación.	142
Ilustración 14.- Número de semestres para la realización y presentación del PFG.	143
Ilustración 15.- Promedio de notas de los alumnos que han presentado el PFG en dos semestres sin ninguna otra asignatura matriculada.	143
Ilustración 16.- Promedio de notas de los alumnos que han presentado el PFG en un semestre mientras cursaban 1, 2, o hasta 3 asignaturas de forma simultánea.	144
Ilustración 17.- Promedio de notas de los alumnos que en el semestre de presentación del PFG estaban o no trabajando.	144
Ilustración 18.- Promedio de notas de los alumnos en función del número de semestres que han tardado en realizar el PFG.	145
Ilustración 19.- Distribución PFG, PRE vs. POST por tipología.	148
Ilustración 20.- Distribución de notas del PFG, PRE vs. POST.	148
Ilustración 21.- Grado de importancia de las competencias específicas según las empresas y comparadas con la percepción de los estudiantes en cuanto a la preparación recibida. Fuente: (Jordana, del Río, 2015).	152
Ilustración 22.- Grado de importancia de las competencias genérica según las empresas y comparadas con la percepción de los estudiantes en cuanto a la preparación recibida. Fuente: (Jordana, del Río, 2015).	153
Ilustración 23.- Comparativa entre el grado de importancia demandado por las empresas y la percepción de capacitación de los estudiantes de las competencias específicas.	153
Ilustración 24.- Comparativa entre el grado de importancia demandado por las empresas y la percepción de capacitación de los estudiantes de las competencias genéricas.	154
Ilustración 25.- Comparativa entre el grado de importancia demandado por las empresas y la percepción de capacitación de los estudiantes de las competencias específicas (encuesta Salle).	155
Ilustración 26.- Comparativa entre el grado de importancia demandado por las empresas y la percepción de capacitación de los estudiantes en competencias genéricas (encuesta La Salle).	156
Ilustración 27.- Comparativa estudio previo y estudio La Salle de valoración competencias específicas por parte de los profesionales.	156
Ilustración 28.- Comparativa estudio previo y estudio La Salle de percepción en la preparación de competencias específicas por parte de los estudiantes.	157
Ilustración 29.- Comparativa estudio previo y estudio La Salle de valoración competencias genéricas por parte de los profesionales.	158
Ilustración 30.- Comparativa estudio previo y estudio La Salle de percepción en la preparación de competencias genéricas por parte de los estudiantes.	158
Ilustración 31.- Comparativa entre el promedio de las competencias específicas más importantes (verde) y menos (roja) del estudio previo utilizado.	166

Ilustración 32.- Comparativa entre el promedio de las competencias genéricas más importantes (verde) y menos (roja) del estudio previo utilizado.	166
Ilustración 33.- Comparativa entre el promedio de las competencias específicas más importantes (verde) y menos (roja) del estudio propio realizado en el contexto local.	167
Ilustración 34.- Comparativa entre el promedio de las competencias genéricas más importantes (verde) y menos (roja) del estudio propio realizado en el contexto local.	167
Ilustración 35.- Relación Competencias específicas con Actividades de Aprendizaje (LG – Learning Goals, según el artículo #3)	169

Índice de tablas

Tabla 3-1.- Bloque 2 del PFG	87
Tabla 3-2.- Rúbrica de los resultados de aprendizaje del PFG. En color sepia se indican el límite obligatorio a alcanzar para aprobar la asignatura.	92
Tabla 5-1.- Nota Final del PFG en función de la ETAPA (Pre vs. Post), y de la TEMÁTICA, relacionando también el promedio de correcciones y el de semestres de realización del PFG.	149

2 INTRODUCCIÓN

2.1 VINCULACIÓN DEL AUTOR Y MOTIVACIÓN

“Si hay algo que te apasiona y trabajas duro acabarás teniendo éxito” (Pierre Oimdyar, La Vanguardia, 25-11-2005)

La actividad profesional del autor a lo largo de los últimos 25 años ha estado orientada a la compatibilidad entre las tareas asociadas a la vida académica y las actividades profesionales. Esta compatibilidad se ha centrado en la gestión y realización de trabajos propios en el ámbito profesional ligados al desarrollo de proyectos constructivos, un enfoque necesario tanto en la vida académica como posteriormente en el ámbito profesional.

Centrados en el primer aspecto, el ámbito académico, podemos destacar las siguientes funciones:

- (2000 – Actualidad): Profesor responsable de la asignatura de Trabajo Fin de Carrera / Proyecto Final de Grado (TFC/PFG), de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle (ETSALS), Universidad Ramon Llull (URL). En este campo, el autor ha actuado como tutor de trabajos y también como coordinador del equipo de seguimiento, tutorizando a más de 500 estudiantes durante su desarrollo del proyecto final de grado.
- (2011 – mayo 2017.): Coordinador del Grado de Ciencias y Tecnologías de la Edificación / Ingeniería de Edificación / Arquitectura Técnica, de La Salle, Universidad Ramon Llull.
- (2011 – Act): Director del Máster en Gestión Integral de la Construcción (Máster universitario de 90 ECTS), La Salle (URL).
- (2011 – Act): Ligado al máster referenciado en el punto anterior, el autor también es el Director de los Postgrados asociados en:
 - Gestión urbanística y planeamiento.
 - Valoración inmobiliaria y pericia judicial.
 - Rehabilitación, diagnosis y técnicas de intervención.
 - Restauración arquitectónica.
 - Diseño, cálculo y construcción de estructuras arquitectónicas.

- Técnicas actuales en diseño, cálculo y construcción de estructuras especiales.
- Diseño de interiores espacios privados.
- Diseño de espacios públicos y comerciales.
- (mayo 2017 – Act): Director académico de Masters y Postgrados de la ETSALS-URL.

Durante todo este tiempo, el objetivo académico se resume en la voluntad de preparar al máximo a los estudiantes de manera que su incorporación a nuevas posiciones profesionales tanto a nivel de grado como de máster sea lo más ventajosa posible.

El segundo aspecto enunciado se centra sobre la actividad profesional del autor. El desarrollo de dicha actividad cotidiana ha permitido observar y analizar en primera persona tanto las capacidades que requieren los profesionales en el desarrollo de su actividad, como la percepción y la constatación de la preparación de los antiguos alumnos en su incorporación al mundo laboral.

En el ámbito laboral que nos ocupa podemos encontrar múltiples agentes, los cuales necesitan de competencias y habilidades específicas como, por ejemplo:

- Arquitectos
- Constructores
- Promotores
- Colegios profesionales
- Aparejadores, arquitectos técnicos, ingenieros de la edificación
- Empresas diversas del sector (suministradores, laboratorios)

Resulta evidente que la dilatada experiencia profesional del autor, le capacita para identificar, tanto en contenido como en tiempo, cuáles son los requerimientos del sector, y de esta forma, poderlos trasladar a las necesidades educativas en las cuales ha estado involucrado, todo ello bajo las pautas de regulación académica actual. Estas participaciones, incluidas aquellas a nivel de gestión y creación de nuevos programas, se han posicionado siempre en planteamientos rupturistas, tanto en modo estructural como en contenidos, aspecto que ha permitido el posicionamiento de alguna de estas actuaciones como referente

en su campo¹. Aunque los aspectos comentados son un factor importante de vinculación, no dejan de ser insignificantes respecto al reto de la transformación académica y profesional.

En estos momentos las nuevas tecnologías nos invitan a un trabajo colaborativo entre equipos donde la técnica y las capacidades transversales deben aunarse en un objetivo común. Y son estas mismas tecnologías las que nos abren, y nos han abierto ya, un inmenso abanico de posibilidades y metodologías formativas.

En conclusión, podemos enunciar como principal motivación de la presente tesis la evaluación del actual contexto cambiante tanto de la educación (planes Bolonia)², como de la profesión de Arquitecto Técnico, aspectos iniciales que nos aboca a estudiar cómo podría modificarse adaptativamente el PFG (Proyecto Final de Grado) a las necesidades profesionales que el sector y la sociedad demanda. En este sentido, queda definido como principal problema de estudio de la investigación, la caracterización del PFG y sus posibles cambios con el fin de adaptarse mejor al contexto profesional de los estudios.

Esta investigación pretende dotar de procedimientos objetivos de análisis analíticos y replicables a un ejercicio tan importante como el PFG. Dicha actividad se ha formulado históricamente a partir de dos principios en función de los estudios: por un lado, un elevado grado de libertad tanto en la selección como implementación del proyecto (estudios de Ingeniería, Humanidades, Ciencias), y, por otro lado, una elevada parametrización, incluso metodología y selección del caso de trabajo en estudios relacionados con el campo general de la Arquitectura, el Urbanismo, la Pedagogía, o el Derecho.

*“¿Hemos de formar para las necesidades del mercado de trabajo?
¿Hay que hacerlo para las actuales o para las futuras?”*

(Josep Maria Vilalta, La Vanguardia, 2-11-2014)

¹ 4º Mejor en España en sector Real State Management y entre los 100 primeros del mundo según el Ranking Eduniversal. 5º Mejor máster en España. Ranking El Mundo

² También referenciada según el plan académico vigente en cada momento con nomenclaturas como: Aparejador, Graduado en ciencias y tecnologías de la edificación, Ingeniero en edificación, o Grado en arquitectura técnica y edificación.

2.2 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Tal y como previamente se ha citado, el **objeto de investigación de la presente tesis se centra en la caracterización del actual Proyecto Final de Grado (PFG) de los estudios de Arquitectura Técnica y Edificación** y los posibles cambios a efectuar en el mismo para adaptarlo al contexto profesional del sector y a sus necesidades cambiantes. Así mismo, se entiende por caracterización, la identificación de las variables de trabajo asociadas al alumno que influyen en el seguimiento del PFG y en su nota final, y el estudio de las relaciones existentes entre actividades de aprendizaje y las principales competencias profesionales tanto genéricas como específicas.

Parece indicado empezar haciendo referencia al nombre de la asignatura que es el objetivo de la tesis. Así pues, en el libro blanco aparece como: Proyecto Fin de Carrera (PFC). Mientras, en la norma ORDEN ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico aparece como Proyecto Final de Grado. También se pueden encontrar referencias (como en el RD 1393/2007 de ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales) donde se nombra como Trabajo Fin de Grado. En cualquier caso, a lo largo del Marco Teórico, se profundizará en dicho aspecto, siendo necesario en este momento centrarse en los aspectos más relevantes del estudio como son las hipótesis y objetivos específicos de investigación.

La caracterización del PFG, el cual se ha indicado como objeto de la investigación, se centrará en tres líneas principales:

- Identificación de variables docentes que afectan al seguimiento del PFG por el alumno.
- Relación de las competencias profesionales que demanda el sector y las actividades de aprendizaje incluidas en el actual PFG
- Valoración de la importancia que las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) tienen en la formación y posterior desarrollo del proyecto arquitectónico y constructivo.

Estas tres líneas de actuación permiten definir de forma concreta las hipótesis de la investigación:

HIPÓTESIS 1 (H1): El actual PFG (plan Bolonia), prepara de forma más eficiente a los estudiantes de arquitectura técnica para su incorporación laboral, en comparación con el PFC de los estudios equivalentes pre-Bolonia.

HIPÓTESIS 2 (H2): El PFG del actual plan, no se adapta a las necesidades profesionales actuales, siendo necesario un cambio en las actividades de aprendizaje y/o su ponderación para una mejor preparación del estudiante.

HIPÓTESIS 3 (H3): La formación temprana (primeros cursos) en sistemas BIM (Building Information Modelling), y todo tipo de TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación), mejoran la calidad del PFG y las competencias representacionales del estudiante, preparándolo mejor para su incorporación laboral.

Con el fin de evaluar las hipótesis definidas, se han definido una serie de **objetivos secundarios:**

- Enlazados con H1:
 - Comparar los resultados académicos del PFG entre periodos pre/post plan Bolonia. Con este objetivo se pretende analizar si los alumnos obtienen mejores resultados con el cambio de la temporalidad del grado (de 3 a 4 años), y por consiguiente se mejora el nivel competencial del PFG.
 - Identificar las variables, tanto personales como académicas de seguimiento del PFG que afectan más al desarrollo del mismo. Este aspecto es vital, ya que posteriormente debe permitir establecer relaciones y modelos predictivos que mejoren el enfoque del PFG en función del alumno.
 - Investigar sobre trabajos previos y estudios que documenten los objetivos de trabajo.
- Asociados con H2:
 - Identificar las competencias más demandadas a nivel profesional en el sector de la Arquitectura Técnica y la Edificación.
 - Comparar la ponderación/importancia que de dichas competencias identificadas en el objetivo anterior dan los profesores del grado y/o los estudiantes.

- Evaluar si las competencias identificadas en el ámbito estatal se equiparan en el ámbito local de Catalunya, teniendo en cuenta la idiosincrasia del grado en estudio.
- Finalmente, y en relación con H3, se han definido los siguientes objetivos:
 - Identificar modelos y procesos de aprendizaje que permitan un aprendizaje más óptimo y efectivo en materias troncales del grado como la Construcción, es especial en cursos iniciales.
 - Estudiar cómo se están implantando las TIC en la formación de materias como la Construcción, la cual caracteriza en gran parte los estudios de la investigación. Las TIC son un soporte fundamental en el proceso de construcción del conocimiento y mejoran la visualización tanto de elementos como procesos constructivos respecto los sistemas tradicionales.
 - Estudiar y discutir sobre el modo de utilizar los sistemas BIM dentro de la formación del proceso constructivo y en qué medida se están posicionando como un conocimiento fundamental para la vida laboral.

En resumen, con el desarrollo de la presente investigación, se busca completar la información que debe permitir formular, establecer pautas y determinar la metodología al respecto de cuál es el modelo o modelos fundamentales que deben configurar el PFG, cuáles son las competencias y habilidades que se deben adquirir y cómo se deben adquirir, cómo debe ser el seguimiento del PFG, y con qué criterios pedagógicos fundamentales se debe regir este seguimiento/tutorías.

Mediante el análisis de las variables y parámetros que conforman las metodologías actuales del PFG en las universidades españolas, se podrán identificar las fortalezas y debilidades de los estudios que habilitan para la gestión y dirección de las obras de edificación.

Por metodología se entiende la forma en la que se lleva a cabo los procesos de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, poder caracterizar los principios, procedimientos y formas en que se desarrolla la sesión de acompañamiento del estudiante, así como el método didáctico en su conjunto, permite de forma analítica realizar propuestas que mejoren la actual configuración y, por ende, preparar mejor a los estudiantes de cara a su incorporación laboral.

Para poder descifrar esta metodología se deben analizar las estrategias, técnicas y actividades que se están llevando a cabo en la actualidad, foco central del estudio para el caso del centro La Salle. Así mismo, se debe evaluar en qué medida estas estrategias, que como se verá a la práctica son compartidas por parte de casi todas las universidades, son coincidentes con las voluntades del sector o de las necesidades de la sociedad.

Este trabajo de investigación pretende ser un punto de partida a investigaciones analíticas que en el futuro analicen las formas y procedimientos de los estudios actuales, amparados bajo el plan Bolonia (el cual podría ser cuestionable), y que no siempre han conseguido migrar de forma correcta respecto a los métodos de etapas pasadas. Al respecto, se discutirá sobre aspectos fundamentales como por ejemplo:

- En qué medida el PFG es, o debiera ser, la síntesis de todos los conocimientos adquiridos a lo largo del grado a partir de un proyecto.
- El diseño del PFG como desarrollo monográfico especializado es adecuado a la temporalidad y dedicación establecida, o por el contrario sería más óptimo un trabajo en base a trabajos más sencillos e independientes.
- Si el PFG debe alinearse con unas competencias profesionales, hasta qué punto este debe estar más relacionado con aspectos educativos o con necesidades profesionales concretas, y en todo caso, las competencias que se apuntan desde ANECA³, en qué grado son adquiridas, al igual que sucede con las competencias demandadas por la sociedad y las empresas del sector.

³ ANECA: Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación.

2.3 PERCEPCIÓN INICIAL. PUESTA “EN CONTEXTO”

A lo largo de la carrera profesional del autor, se ha tenido la oportunidad de participar en diferentes ponencias al respecto del desarrollo profesional de los más jóvenes, y en este sentido es de recibo señalar que en todas ellas la coincidencia argumental de las empresas era similar resumiéndose en una ordenación de capacidades en función del valor y la trascendencia que los despachos y empresas consideraban/mos a la hora de contratar un nuevo profesional. De esta forma y ordenadamente se citan de forma recurrente los siguientes aspectos:

- BUENA PERSONA, VALORES
- CAPACIDAD DE EXPRESIÓN
 - ORAL (IDIOMAS),
 - ESCRITA,
 - GRÁFICA
- CAPACIDAD DE TRABAJAR EN EQUIPO
- CAPACIDAD DE LIDERAZGO
- PASIÓN POR EL TRABAJO
- CULTURA GENERAL
- CONOCIMIENTOS TÉCNICOS
- CAPACIDAD DE ASUMIR RIESGOS
- CAPACIDAD DE ASUMIR RETOS
- DILIGENCIA
- EFICIENCIA
- CAPACIDAD DE AUTO ORGANIZARSE
- CAPACIDAD DIRECTIVA

Es muy significativo que los conocimientos técnicos aparezcan en séptimo lugar, y sin duda nos lleva a plantearnos una importante reflexión al respecto del contenido de la formación empezando por el PFG. Por otro lado, las habilidades “soft” (sociales y emocionales), son las más demandadas hoy por las empresas y las más difíciles de encontrar.

En el ámbito más concreto de la arquitectura y la edificación esta tendencia requiere de un coeficiente corrector al respecto de los conocimientos técnicos y el talento, dado que, en muchos casos, “se le supone”. Contar con conocimientos teóricos, no es suficiente.

Las competencias técnicas o específicas relacionadas con los perfiles profesionales de los titulados en arquitectura técnica, están perfectamente relacionadas en estudios concretos, como por ejemplo sucede con el “Libro blanco del Título de grado en Ingeniería de Edificación”, editado por la ANECA, así como más recientemente el “Model de competències i coneixements dels perfils professionals del procés de l’edificació”, publicado por el Colegio de Aparejadores y Arquitectos (Barcelona, 2005). Las empresas tienen acotadas sus necesidades que, al margen de la variabilidad del sector, poseen numerosas coincidencias, sobre todo en lo relacionado también a las competencias genéricas⁴⁵.

Como se verá en el estudio de la tipología del PFG en las universidades españolas, existe una casi total coincidencia en que el objetivo de aprendizaje debe ser la **aptitud para la realización, presentación y defensa de un trabajo que integre los contenidos formativos recibidos a lo largo del grado**. Esta característica singular de una asignatura que aglutine los conocimientos adquiridos a lo largo del grado, **abre la puerta a formular el estudio de la misma como asignatura representativa y utilizarla para los análisis desarrollados en la presente tesis de forma significativa**. En este sentido, queda claramente justificada la necesidad de la investigación llevada a cabo dada la alta variabilidad de la profesión, los estudios, las actividades y los sistemas de evaluación, con el fin de generar un proceso formal que permita evaluar un contexto educativo concreto como el PFG, y vincular sus actividades formativas a las necesidades profesionales del sector. En la medida que este ejercicio se pueda realizar de forma analítica, se creará un modelo que podrá adaptarse más fácilmente a futuros cambios organizativos (tanto académicos como profesionales), y de esta forma incluso vincularse a otros entornos formativos.

⁴ Montse Mateos 04.11.2013 “La universidad que desean las empresas”, *Emprendedores & Empleo*, Expansión

⁵ El término COMPETENCIA se refiere a la capacidad de poner en práctica los conocimientos, habilidades, pensamientos y valores que adquiere y posee una persona para actuar en un contexto específico. Como veremos en el apartado 3.4 de forma más exhaustiva, al respecto las podemos dividir en:

- Básicas: combinación de destrezas, conocimientos y actitudes que se aplican para adaptarse en diferentes contextos sociales.
- Genéricas: conjunto de conocimientos, actitudes, valores y habilidades que están relacionados entre sí y que permiten el aprendizaje cotidiano.
- Específicas: adquiridas con la trasmisión y asimilación por parte de la persona a partir de contenidos relativos a disciplinas concretas y que son necesarias para dominar un conocimiento de un área específica.

2.4 INNOVACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. EL MÉTODO.

La principal aportación de la tesis es el **enfoque analítico** utilizado con los datos recopilados. Dicho enfoque permite, ante todo, una **relación formal** entre las variables identificadas, lo cual nos ha permitido discutir sobre nuevas **propuestas de modificación del PFG sustentadas en indicadores reales**, más allá de percepciones subjetivas.

La tesis se engloba, en una primera capa, en los estudios de Arquitectura Técnica y Edificación. En una segunda capa más concreta, se analiza el actual PFG de dichos estudios, caracterizando las variables que más influyen en su desarrollo. Finalmente, se añade una tercera capa al trabajo analizando las competencias más demandas a nivel profesional.

De esta forma la investigación avanza evaluando la percepción por estudiantes y docentes de las principales competencias profesionales que el grado y el PFG deben dotar a los estudios, y relacionando las diversas capas, permite enunciar una propuesta de cambio adaptativo del actual PFG, teniendo en cuenta los indicadores actuales más demandados y, por consiguiente, esperando mejorar la adquisición de las competencias por los estudiantes.

La investigación acaba realizando un proceso predictivo que se postula como línea de trabajo futura a implementar tanto en este grado a nivel local como nacional, y que podría ser replicado en otros ámbitos de estudio.

En general, los **descriptores que aúnan la novedad de la tesis** y suponen un avance en la ciencia debido al enfoque realizado, los podríamos resumir en los siguientes puntos:

- **Analítica Académica** (o Academic Analytics, AA): enfoque englobado dentro de la Minería de Datos Educativos/Académicos (MDA, o del inglés Educational Data Mining EDM), donde también se encuentra la analítica de aprendizaje (o Learning Analytics, LA).
- **Innovación Docente**: área de estudio e investigación científica que trata de evaluar las nuevas propuestas educativas en todos los niveles de la enseñanza, especialmente cuando dichas innovaciones suponen un cambio metodológico y/o suelen llevar incorporado el uso de TIC.
- **Arquitectura Técnica y Edificación**: ámbito educativo fuertemente dominado por la enseñanza del proyecto arquitectónico y los procesos

asociados al control y ejecución del mismo, y que a nivel metodológico se circunscribe dentro del aprendizaje por proyectos (del inglés Project Based Learning, PBL).

Evaluar la capacitación de un estudiante y/o de un contexto educativo siempre es una tarea difícil. La MDA define métodos para explorar los tipos de datos que provienen de entornos educativos, tanto de actividades educativas como administrativas, englobando los estudios de LA y AA.

Los estudios basados en LA se basan en la evaluación de los resultados de aprendizaje logrados al final del proceso formativo donde se evalúan y relacionan los objetivos, los contenidos y los resultados de la actividad. Los resultados tienen que ser básicamente útiles para mejorar futuros resultados académicos y el rediseño de actividades educativas.

Por otro lado, los procesos basados en AA se basan en la captación y análisis, en todas las etapas del proceso formativo, de los datos y variables que pueden influir en la efectividad de las actividades diseñadas. En esta tipología de trabajos los datos son útiles a nivel administrativo con el fin de mejorar la eficiencia de los planes de estudios y la organización de las actividades académicas.

La investigación realizada fomenta un sistema de calidad objetivo que mejora los procesos de innovación docente en un ámbito con pocos estudios en este sentido, ya que:

- Identifica las fortalezas y debilidades de una materia fundamental de los estudios de grado como el PFG.
- Observa y analiza las principales variables que lo definen.
- Involucra a las partes interesadas en el PFG para identificar las acciones de mejora.
- Habilita métodos para asegurar en un futuro el control de los cambios tanto a nivel educativo, institucional como social.

Metodológicamente, el trabajo se puede definir en dos fases: una primera exploratoria (Ramos, 2008), tanto en cuanto es una investigación que aproxima de forma general una realidad poco explorada y reconocida, como es la investigación educativa y su adaptación profesional en el sector de la Arquitectura y la Construcción; y una segunda descriptiva (Lafuente, & Marín, 2008), la cual nos muestra de forma detallada las características de un grupo o sector.

A partir de un método inductivo (o empírico), se han creado una serie de enunciados generalistas fruto de la observación de la experiencia, comenzando con la observación de un fenómeno (el PFG), sus variables asociadas (artículo 1 del compendio) y las necesidades del sector profesional así como el nivel de preparación percibido por los estudiantes (artículo 2 del compendio).

Para las diversas fases de trabajo de la investigación, se ha trabajado fundamentalmente (menos en el caso del artículo 3, con un enfoque más cualitativo), con una aproximación de tipo cuantitativo (Morone, 2013), en universos finitos (hasta muestras de 100.000 unidades).

Una investigación con variables cuantitativas es de especial utilidad cuando se pueden medir de una forma objetiva y con alto grado de precisión, como por ejemplo en nuestro caso: la nota final, nota promedio, número de asignaturas cursadas, número de correcciones, semestres de duración, o ponderación del 1 al 5 de las preguntas de la encuesta.

Así mismo, esta caracterización permite definir “funciones” a las variables en cuanto al papel que estas desempeñan en el análisis del problema. Como se observa en los artículos 1 y 2 del compendio, se han iniciado las definiciones de variables independientes y dependientes de la problemática de estudio, y se han iniciado las ponderaciones y relaciones que se deberán estudiar de forma exhaustiva en el futuro.

Para el estudio de las variables personales de los estudiantes en el desarrollo del PFG se ha utilizado una aproximación estadística, la cual permite presentar, resumir, describir y comparar el conjunto de datos numéricos obtenidos de las variables identificadas (ver artículo 1).

Dado que existía un punto de arranque en la segunda fase de la investigación que basaba su validez en una encuesta por muestreo realizada y validada previamente (Jordana & del Río, 2015), pero con pocos datos sobre la muestra, se procedió a realizar una recopilación de datos mediante una nueva encuesta por muestreo. En dicha nueva encuesta (citada como Post a lo largo de la Tesis), quedaba claramente identificado que el objeto a medir (definición del constructo), eran las competencias identificadas como principales por el sector profesional y estudiantes del estudio inicial. La escala de trabajo, y con el fin de poder hacer las pertinentes comparaciones, se mantuvo constante respecto al

primer trabajo (escala de Likert de 1 a 5, Matell & Jacoby, 1972) y fue validada de forma interna por profesores y estudiantes del Departamento de Arquitectura de La Salle.

La validación de la misma se basaba en las siguientes premisas (Ross, 1978):

- Preguntas adecuadas para el conjunto de individuos de la muestra.
- Grado de generalización de cada pregunta acorde al motivo de interés.
- Preguntas concisas, cortas y sencillas, redactadas de forma directa, afirmativa e imparciales.
- Organización y orden adecuado sin saltos incomprensibles.

En resumen, en base a la relación entre variables estudiada, la investigación deberá ser capaz, o identificar los procesos para ajustar las actuales pautas de seguimiento del PFC, mejorando los procesos de tutoría que permiten evolucionar el actual ejercicio. Este proceso de seguimiento del progreso del alumno es básico, y pieza fundamental de los estudios de La Salle, aspecto que fundamenta y posiciona como innovador el presente trabajo.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 HISTORIA DE LA PROFESIÓN Y MARCO LEGAL

Dado que el trabajo de investigación se centra en un grado particular del ámbito español, el cual en sí mismo ya se diferencia al resto del mundo por el tipo de duración y atribuciones de estudios relacionados con la Arquitectura y la Construcción, es fundamental realizar un breve recorrido histórico por la evolución y progreso de los estudios.

En 1449 se encuentra una de las primeras referencias conocida por el término Aparejador, según asegura Pablo Gómez, en el prólogo del libro de Falcón Márquez "El Aparejador en la Historia de la Arquitectura"⁶, donde el autor del libro sitúa los orígenes de la figura del Aparejador a mediados del siglo XV, en una intervención en 1449 en la Catedral de Sevilla. Esta hipótesis se corrobora con el texto de la inscripción de obra que se encuentra en una inscripción de un sepulcro en la Capilla de Santa Clara de Tordesillas, donde se lee: "Aquí yace Guillén Rohan, Maestro de la iglesia de León y Aparejador de esta capilla"⁷.

Unos años más tarde, hacia el 1500, se encuentran una serie de Maestros de la Construcción los cuales ejercen la profesión en grandes obras religiosas y de la nobleza bajo la figura de Aparejador. En este contexto, y dentro de la cualificación de Aparejador, surge una jerarquía profesional que distingue entre⁸:

- Aparejadores Primeros, también conocidos como Maestro o Aparejador de Cantería, y responsables de la piedra o profesional que se ha de emplear en la construcción.
- Aparejadores Segundos: Maestro o Aparejador de Carpintería, figura responsable de la madera necesaria para apuntalamientos, andamios, etc.

A mediados del siglo XVI (1562), aparecen referencias de la profesión de Aparejador en la traza y ejecución material de la construcción del Monasterio de

⁶ "El Aparejador en la Historia de la Arquitectura", Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Sevilla, Sevilla 1981, pág.9

⁷ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.19
"El régimen jurídico de la profesión de Arquitecto Técnico y Aparejador" Francisco J. Arenas Cabello, pág. 24

⁸ "El régimen jurídico de la profesión de Arquitecto Técnico y Aparejador" Francisco J. Arenas Cabello, pág. 26

San Lorenzo de El Escorial, realizada, entre otros, por Fray Antonio de Villacastín, (1512-1603) religioso y aparejador español⁹.

Prácticamente 200 años después, a mediados del siglo XVIII (1749), se encuentran referencias de la Propuesta de Ordenanzas de la Congregación de Nuestra Señora de Belén, cofradía que reunía a los arquitectos, constructores y otras categorías profesionales relacionadas del gremio de la construcción. Dicha organización era la encargada de formar los llamados Maestros de Obras, que trabajaron no sólo como arquitectos sino también como aparejadores. Con estas ordenanzas, la Cofradía intenta controlar la enseñanza de los estudios de arquitectos y maestros de obras, utilizando tres mecanismos:

- El control de la expedición de títulos de Arquitecto y Maestro de Obras.
- Control de la calidad de las construcciones. En este aspecto desde la Cofradía se proponía nombrar inspectores para poder tasar cualquier obra y realizar inspecciones en plantas y materiales.
- Exclusividad en la ejecución de las obras. Se exigía el requisito de que fueran Maestros Arquitectos examinados los que realizaran tanto las obras de nueva planta como las reparaciones importantes.

En este momento de la historia, no existía el título de Aparejador como tal, sino que éste era un cargo, con características de ayudante o asistente del arquitecto y que a menudo desempeñaban los que acababan los estudios y necesitaban formación práctica¹⁰. Pocos años después en 1757 se instaura oficialmente la Real Academia de las Tres Nobles Artes de San Fernando, con la radical oposición de la gremial Congregación Nuestra Señora de Belén. Una de las primeras disposiciones de la Real Academia es suprimir los exámenes gremiales en la construcción y abolir las instituciones gremiales. También se reconoce la profesión del Maestro de Obra y se crea el título destinado a la misma¹¹.

⁹ "Las competencias profesionales de los Arquitectos Técnicos y Aparejadores" José Luis Gil Ibáñez, pág. 17.

"El régimen jurídico de la profesión de Arquitecto Técnico y Aparejador" Francisco J. Arenas Cabello, pág. 23.

¹⁰ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pags.63-72.

¹¹ "El régimen jurídico de la profesión de Arquitecto Técnico y Aparejador" Francisco J. Arenas Cabello, pág. 35.

"La profesión de los Maestros de Obras" Juan Francisco Escámez Trujillo- CERCHA nº130 octubre 2016.

A partir de la Real Orden de 28 de agosto de 1816 aparece la nueva titulación de Aparejador Facultativo, jerárquicamente situado por debajo de Arquitectos y Maestros de Obras, realizando trabajos auxiliares y propiamente constructivos. La ordenación queda de la siguiente forma:

- Los arquitectos nombran a los aparejadores que han de intervenir en la realización de las obras.
- Su trabajo (de los aparejadores) se realizará a pie de obra por estar directamente relacionado con la ejecución de la misma.
- Así mismo, carecen de facultades de proyectar o de dirigir las obras.

La Junta de la Comisión de Arquitectura del mismo año propone que se establezcan en Arquitectura cuatro clases de Académicos: de Mérito, Arquitectos, Maestros de Obras y Aparejadores facultativos, determinando específicamente las atribuciones de cada una de ellas¹². Todos estos niveles generan una cierta confusión que acaba con el Real Decreto de 24 de enero de 1855, donde se suprime la profesión de Maestro de Obras debido a los continuos conflictos por acusaciones de intrusismo profesional entre Arquitectos y Maestros de Obra. En ese momento, el Decreto de Luján la sustituye por la de Aparejador y se crean por primera vez los estudios específicos para Aparejadores¹³. Pero lejos de acabar con la confusión y la reordenación de estudios y atribuciones, en 1857, y mediante la Ley de Instrucción pública de 9 de septiembre, conocida como Ley Moyano, se reinstaura la figura del Maestro de Obras dentro de los estudios profesionales¹⁴.

Siguiendo con una continua regulación de las profesiones y los estudios, en 1864, el Real Decreto de 22 de Julio, firmado por Cánovas del Castillo, establece un reglamento sobre las atribuciones de arquitecto, maestro de obras y aparejador, donde los arquitectos titulados son los que tienen amplias competencias proyectando edificios públicos y particulares, realizando mediciones y tasaciones, sin limitación alguna. Los maestros de obras y los aparejadores son equiparados como auxiliares facultativos de los arquitectos, rebajando las atribuciones de los

¹² "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pag.109-110.

¹³ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.112.
"El régimen jurídico de la profesión de Arquitecto Técnico y Aparejador" Francisco J. Arenas Cabello, pág. 42.

"Gaceta de Madrid" n°758, de 29 de enero de 1855, pág.1-2.

¹⁴ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.117
"Gaceta de Madrid" n°1710, de 10 de septiembre de 1857, pág.1-3.

aparejadores, quienes sólo pueden trabajar bajo la supervisión del arquitecto, excepto en reparaciones de menor cuantía¹⁵.

En 1870, aparece un decreto referente a las atribuciones de los maestros de obras, el cual iguala las competencias de los maestros de obras de diferentes períodos (los llamados antiguos, modernos o novísimos) pero abriendo a la vez la puerta a la definitiva supresión de esta profesión¹⁶. Tan solo un año después se aprueba el Real Decreto de 5 de mayo, el cual declara libre el ejercicio de la profesión de Maestro de Obras y la de Aparejador, pasando el maestro de obras a actuar como aparejador o ayudante del arquitecto encargado de trasladar a la construcción el pensamiento y planos del artista (el arquitecto), bajo órdenes y responsabilidad de éste. En este momento, el maestro de obras y el aparejador quedan equiparados y considerados simplemente como un oficio¹⁷.

No es hasta el 1895, con la restauración de la monarquía, cuando mediante el Real Decreto de 20 de julio se reinstaura oficialmente los títulos de Maestro de obras y Aparejador, recuperando sus atribuciones para realizar por sí mismos edificaciones de carácter privado¹⁸. Pocos años después, y ya en el siglo XX, la Real Orden de 4 de abril de 1902 seguida por la Real Orden 4 de junio de 1902, establecen las atribuciones de los aparejadores de manera indeterminada, sin ser obligatoria su participación en las obras junto al arquitecto y tampoco se exige el título oficial, pero consagran dos principios generales¹⁹:

¹⁵ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.123-124.

"Las competencias profesionales de los Arquitectos Técnicos y Aparejadores" José Luis Gil Ibáñez, pág. 29.

"Gaceta de Madrid" nº208, de 26 de julio de 1864, pág.2.

¹⁶ "La titulación de aparejador. Evolución histórica de sus atribuciones profesionales: Desde el Decreto Lujan de 1855 hasta la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación" Boletín de la Facultad de Derecho núm. 26, 2005. Francisco J. Arenas Cabello

"Gaceta de Madrid" nº21, de 21 de enero de 1870, pág.1.

¹⁷ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.134.

"Las competencias profesionales de los Arquitectos Técnicos y Aparejadores" José Luis Gil Ibáñez, pág. 29.

"Gaceta de Madrid" nº147, de 25 de mayo de 1971, pág.1209.

¹⁸ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.135.

"Gaceta de Madrid" nº235, de 23 de agosto de 1895, pág.692-693.

¹⁹ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.164.

"Las competencias profesionales de los Arquitectos Técnicos y Aparejadores" José Luis Gil Ibáñez, pág. 29.

«Gaceta de Madrid» núm. 165, de 14 de junio de 1902, pág.1127.

- Los aparejadores con título profesional pueden servir de ayudantes o auxiliares inmediatos de los arquitectos, pudiendo ejercer con funciones análogas en obras menores particulares, en poblaciones sin arquitecto.
- Los aparejadores con título profesional tendrán preferencia para ocupar el cargo en obras públicas.

En 1912, y debido a las continuas demandas de la Sociedad Central de Aparejadores y las tensiones con los arquitectos sobre la delimitación de sus funciones profesionales, se dicta una nueva Real Orden, el 9 de agosto de 1912, donde se marca la profesión como intermediaria entre el arquitecto y el obrero manual²⁰. Se establece que:

- Los aparejadores con título oficial serán los auxiliares y ayudantes de los arquitectos y ejercerán sus funciones bajo las órdenes de éstos.
- En toda obra pública existirá el cargo de aparejador.

Pocos años después, en 1919 se aprueba el Real Decreto de 28 de marzo que intenta determinar con más claridad las facultades de los aparejadores y la obligatoriedad del título²¹:

- Se confirma en su artículo 1 que el aparejador es un auxiliar y ayudante del arquitecto.
- Sólo podrán ejercer de aparejadores los que hayan obtenido el título en centros de enseñanza del Estado donde estos estudios se impartan.
- Se establece la necesidad, en obra pública, de la intervención del aparejador.
- Respecto a las obras privadas, se les permite realizar determinadas obras por sí mismos, sin estar bajo subordinación al arquitecto, proyectando y dirigiendo.
- Se les reconoce un derecho preferente para ocupar cargos oficiales relacionados con la profesión, por detrás de los arquitectos.

²⁰ «Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos» Pilar Izquierdo Gracia, pág.167.
«El régimen jurídico de la profesión de Arquitecto Técnico y Aparejador» Francisco J. Arenas Cabello, pág. 104.

«Gaceta de Madrid» núm. 226, de 13 de agosto de 1912, pág.357.

²¹ «Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos» Pilar Izquierdo Gracia, pág.169.
«Las competencias profesionales de los Arquitectos Técnicos y Aparejadores» José Luis Gil Ibáñez, pág. 29.

«Gaceta de Madrid» núm. 88, de 28 de marzo de 1919, pág.1214.

- Tendrán la facultad de dirección de las obras en los casos en que éstas no alteren la estructura, disposición ni aspecto exterior de la fachada.

La década de los años 30 es un período de disputas entre arquitectos y aparejadores por determinar las atribuciones de ambas profesiones, agravado por el intrusismo profesional de personas que realizan trabajos carentes incluso de titulación oficial. Se suceden continuas disposiciones y normativas legales, para intentar establecer las funciones de unos y de otros, hasta el Proyecto de Ley de 1932, donde se ampliaban de forma muy beneficiosa las facultades de los aparejadores para proyectar y dirigir obras. En 1933 se producen huelgas y algaradas de estudiantes de arquitectura de Madrid y Barcelona, pidiendo que se rebajen las atribuciones dadas a los aparejadores en el Proyecto de Ley.

Un nuevo intento de regulación es el Real Decreto de 9 de mayo de 1934, promulgado después de una ponencia integrada por tres arquitectos y tres aparejadores para elaborar el Proyecto de Ley, pero que es derogado dos meses después de su publicación, debido a la polémica continua con los arquitectos. En él se definía al aparejador como perito de materiales y de construcción, destacando dos aspectos de su función técnica: como técnico constructor y como delegado del arquitecto. Con este decreto se exige también la obligatoriedad de su intervención en las obras y se reconocen ciertas facultades como proyectista²².

En 1935 se encuentra el último intento de delimitación de las funciones de los aparejadores que llega con el Decreto publicado el 16 de julio, firmado por el Presidente de la República Alcalá Zamora y el Ministro de Instrucción Pública y Bellas Artes, donde se establecen “definitivamente” las atribuciones y competencias del aparejador, de manera más estricta. Este Decreto²³ derogó la normativa anterior y en él se dispone lo siguiente:

- Que a los arquitectos corresponde el proyecto y dirección de las obras de arquitectura.

²² “Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos” Pilar Izquierdo Gracia, pág.193.
“Las competencias profesionales de los Arquitectos Técnicos y Aparejadores” José Luis Gil Ibáñez, pág. 29.

“El régimen jurídico de la profesión de Arquitecto Técnico y Aparejador” Francisco J. Arenas Cabello, pág. 107.

²³ “Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos” Pilar Izquierdo Gracia, pág.199.
“Las competencias profesionales de los Arquitectos Técnicos y Aparejadores” José Luis Gil Ibáñez, pág. 30.

«Gaceta de Madrid» núm. 199, de 18 de julio de 1935, pág.650-651.

- Que el aparejador, queda definido como ayudante técnico y responsable de la inmediata inspección y ordenación de la obra.
- Que con la intervención del aparejador en la obra queda garantizado el deslinde, levantamientos y replanteos de la obra, así como la asidua inspección de toda la obra en su conjunto.
- Los aparejadores son los únicos que ejercen la función de ayudantes técnicos de las obras de Arquitectura.
- La misión del aparejador consiste en inspeccionar con la debida asiduidad la ejecución material de la obra, siendo responsable de que esta se efectúe con sujeción al proyecto, a las buenas prácticas de la construcción y con exacta observancia de las órdenes e instrucciones del arquitecto director.
- Es obligatoria la intervención del aparejador en toda obra de arquitectura.
- El arquitecto, de acuerdo con el aparejador, regulará la asistencia de este en la obra.

Acabada la Guerra Civil, en 1940 se crean los Colegios de Aparejadores y se implanta la colegiación obligatoria para poder ejercer la profesión. Esta organización, que en un principio era provisional (según se dice hasta la instauración de los sindicatos de estructura vertical) resulta ser, a la larga, definitiva y los colegios profesionales se generalizan²⁴. En la misma década y mediante La Orden 23 de julio de 1945, se aprueba el Reglamento de la Federación y de los Colegios de Aparejadores, vigente hasta 1977. A partir de este momento, se constituyen los Colegios Regionales y Provinciales, debiendo quedar incorporados obligatoriamente a los mismos, todos los aparejadores titulados que ejerzan la profesión. Las funciones que se establecen para los Colegios son²⁵:

- Velar por el prestigio de la profesión y el cumplimiento de las obligaciones.
- Defender los derechos de los colegiados y perseguir casos de intrusismo profesional.

²⁴ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.206.
"El régimen jurídico de la profesión de Arquitecto Técnico y Aparejador" Francisco J. Arenas Cabello, pág. 52.

«BOE» núm. 138, de 17 de mayo de 1940, pág.3369-3370.

²⁵ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.208.

- Recaudar y administrar los fondos del Colegio.

En 1969, mediante el Decreto 148/1969, se determina la denominación de Arquitecto Técnico con la especialidad única de ejecución de obras, referida a la organización, realización, control de obras de arquitectura, de las instalaciones auxiliares, trabajos complementarios y economía de la construcción²⁶. Dos años después el Real Decreto 265/1971 de 19 de febrero, regula las competencias profesionales de los arquitectos técnicos, diferenciándolas en dos tipos de actuaciones:

- Las atribuciones en dirección de las obras son:
 - Ordenar, controlar y dirigir la ejecución material de las obras, organización, etc.
 - Inspeccionar los materiales, dosificaciones, etc.
 - Controlar las instalaciones provisionales, los medios auxiliares y de protección.
 - Poner en obra las unidades de obra, comprobarlas y medir las ya ejecutadas, así como valorarlas.
 - Suscribir actas y certificaciones sobre replanteo, comienzo, desarrollo y finalización de las obras.
- Atribuciones en trabajos varios quedan definidas como:
 - Realizar trabajos de medición, deslindes y levantamientos previos a la obra de arquitectura o trabajo de urbanismo.
 - Informes periciales.
 - Asesoramiento técnico en procesos de producción.

De igual forma las facultades atribuidas a los aparejadores quedan definidas como²⁷:

- Facultad exclusiva y excluyente en relación a otras profesiones de intervención técnica en las obras de arquitectura dirigidas y proyectadas por arquitectos.

²⁶ “El régimen jurídico de la profesión de Arquitecto Técnico y Aparejador” Francisco J. Arenas Cabello, pág. 111.

«BOE» núm. 39, de 14 de febrero de 1971, pág.2269-2271.

²⁷ “Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos” Pilar Izquierdo Gracia, pág.232.

“El régimen jurídico de la profesión de Arquitecto Técnico y Aparejador” Francisco J. Arenas Cabello, pág. 115.

«BOE» núm. 44, de 20 de febrero de 1971, pág.2846.

- Facultad de intervención necesaria en toda obra de arquitectura ya sea pública o privada
- Facultad de dirigir obras de arquitectura cuando no resida en el pueblo ni pueda realizarla un arquitecto.
- Facultad de ejercer la actividad de decorador.

No es hasta el Real Decreto 314/1979, cuando se aprueban las tarifas de los honorarios de los aparejadores y arquitectos técnicos que hasta entonces estaban vinculadas a las de los arquitectos²⁸. Y ya dentro de la década de los 80, la Ley 12/86 de 1 de abril de 1986, de Atribuciones Profesionales de los Ingenieros y Arquitectos Técnicos, establece nuevas atribuciones que corresponden a los arquitectos técnicos según su especialidad, otorgando competencias para la realización de proyectos enmarcados en el ámbito de su especialidad, con dos limitaciones:

- Para las obras de construcción, se excluyen aquellas que necesiten proyecto arquitectónico.
- Para las intervenciones parciales en edificación existente, se limita a los que no alteren su configuración arquitectónica.

Esta Ley marcó un hito en las aspiraciones de la profesión de aparejador, ya que les reconoce capacidad para ejercer con independencia su profesión. Con posterioridad a la Ley, se realizaron varias reformas de la misma, se dictó el Decreto 555/86 de 21 de febrero (reformado por el decreto 84/90), que implanta la obligatoriedad de un estudio de seguridad e higiene en el trabajo en determinados proyectos de edificación y obras públicas, así como la elaboración de un Plan de Seguridad e Higiene.

Es a partir del Real Decreto 84/1990 donde se establece que los aparejadores y arquitectos técnicos asumen en exclusiva las competencias en materia de seguridad e higiene tanto como autores del Estudio de Seguridad y Salud como de directores del Plan de Seguridad²⁹.

²⁸ "Las competencias profesionales de los Arquitectos Técnicos y Aparejadores" José Luis Gil Ibáñez, pág. 18.

«BOE» núm. 48, de 24 de febrero de 1979. pág.4944-4953.

²⁹ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.245.

"Las competencias profesionales de los Arquitectos Técnicos y Aparejadores" José Luis Gil Ibáñez, pág. 34.

«BOE» núm. 79, de 2 de abril de 1986, pág. 11573.

Y para cerrar este apartado, en el que se ha podido reseguir las vicisitudes tanto de los estudios como de la profesión que centra la investigación, es necesario citar la Ley 38/99 de Ordenación de la Edificación (LOE) de 5 de noviembre de 1999, en la cual se establecen los usos principales de las edificaciones y las titulaciones académicas y profesionales de Arquitecto, Arquitecto Técnico, Ingeniero e Ingeniero Técnico, siendo el marco normativo que aún rige actualmente. En ella se dividen las construcciones en tres tipos de usos principales (A, B y C, según listado inferior), estableciendo la capacidad del aparejador para proyectar y dirigir obras por él mismo, únicamente las del grupo C.

- Grupo A: Administrativo, sanitario, religioso, docente, cultural.
- Grupo B: Aeronáutico, agropecuario, minero, de la energía, transporte terrestre, marítimo, forestal, industrial, naval, etc.
- Grupo C: Todos los no comprendidos en A o B.

En cualquiera de los tres grupos, el arquitecto técnico podrá ejercer como director de ejecución, siendo la dirección de ejecución de los edificios del grupo A, de competencia exclusiva del arquitecto técnico³⁰.

³⁰ «Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos» Pilar Izquierdo Gracia, pág.256.
«El régimen jurídico de la profesión de Arquitecto Técnico y Aparejador» Francisco J. Arenas Cabello, pág. 21.
«BOE» núm. 266, de 6 de noviembre de 1999. Referencia: BOE-A-1999, pág. 21567.

3.2 ESTUDIOS DE ARQUITECTURA TÉCNICA

Al igual que en el caso de la profesión, y para poder entender la necesidad de la investigación en curso, es importante realizar un breve estudio sobre la historia de los estudios de Arquitectura Técnica, en especial para poder entender de la necesidad y adaptación al mundo profesional de los mismos.

A lo largo de los últimos siglos de la Edad Media y primeros de la Edad Moderna (1300-1700), la organización de artesanos era gremial, también para el mundo de la construcción. Las categorías jerárquicas dentro del gremio eran: Aprendiz, Oficial y Maestro.

El inicio de aprendizaje se realizaba mediante un contrato llamado “Carta de aprendizaje”, que regulaba las relaciones entre maestro y aprendiz. En la misma se recogían los derechos y obligaciones de cada uno, formalizados en escritura pública, ante el escribano. El período de aprendizaje, en los gremios de construcción, tenía una duración de cuatro años. Superado este tiempo, se ascendía a la categoría de Oficial, en la cual se debía permanecer un período de práctica de dos años. A la categoría de Maestro se llegaba tras superar un examen de suficiencia. El Maestro puede adquirir taller propio, contratar obras y de entre ellos, saldrán los futuros Aparejadores, Maestros Mayores y Arquitectos³¹.

En 1787, la Real Academia de Nobles Artes de San Fernando, empieza a expedir de modo oficial títulos de Arquitecto y Maestros de Obras, prohibiendo a todos aquellos que no sean miembros de la Real Academia o formados en ella, realizar determinadas construcciones, pudiendo únicamente participar en obras particulares (dado el aún insuficiente número de arquitectos formados en la Real Academia), y reservando las obras de más entidad y los cargos públicos a los miembros de la Academia³².

Menos de una década después, en el 1796, y mediante orden firmada por Manuel Godoy, desaparece el título de Maestro de Obras, reinstaurándose de nuevo en 1816. Dicho título habilitaba para medir, reconocer, tasar, proyectar y dirigir toda

³¹ “El régimen jurídico de la profesión de Arquitecto Técnico y Aparejador” Francisco J. Arenas Cabello, pág. 31.

³² “Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos” Pilar Izquierdo Gracia, pág.77.

clase de edificios comunes y particulares. No obstante, se les prohibía realizar estos trabajos en edificios públicos, a no ser que fuera en calidad de segundo director³³.

En 1845 con la creación de la escuela Especial de Arquitectura se regulariza la enseñanza y los derechos y facultades de los maestros de obras, profesión más tarde suprimida mediante el Real Decreto de 24 de enero de 1855³⁴. En dicho decreto, también conocido como Decreto Luján, se marca el establecimiento de las enseñanzas de Aparejador de Obras en todas las Academias de Nobles Artes, sustituyendo a los Estudios de Maestros de Obras. Entre las características básicas destacamos³⁵:

- Requisitos de Ingreso: Para acceder a los estudios, se debía tener 16 años como mínimo y saber leer, escribir y nociones de aritmética.
- Plan de Estudios:
 - Cuatro cursos.
 - Constaba de signaturas divididas entre teóricas (se estudian en los cursos iniciales y de contenido muy elemental), y las de carácter práctico (formación en cuanto a los materiales de construcción, específicamente del hierro y conocimientos necesarios para la supervisión de los trabajos de ejecución).
 - También se realiza una formación en normas legales relacionadas con la construcción.

Pero tan solo dos años después, en 1857, se promulga la Ley de Instrucción Pública (conocida por Ley Moyano) del 9 de septiembre, donde se reorganiza el sistema de enseñanzas, reapareciendo los estudios de Maestros de Obras como enseñanza profesional. Por dicha Ley, se atribuyen a las tres clases profesionales (Maestros de Obras, Aparejadores y Agrimensores) la misma categoría³⁶.

Este periodo convulso, en cuanto a la reordenación y reorganización de los estudios, se realiza la primera reforma de los Estudios de Aparejadores, mediante

³³ "La profesión de los Maestros de Obras" Juan Francisco Escámez Trujillo- CERCHA n°130 octubre 2016.

³⁴ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.88. "Gaceta de Madrid" n°758, de 29 de enero de 1855, pág.1-2.

³⁵ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.116. "Gaceta de Madrid" n°758, de 29 de enero de 1855, pág.1-2.

³⁶ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.117. "Las competencias profesionales de los Arquitectos Técnicos y Aparejadores" José Luis Gil Ibáñez, pág. 29. "Gaceta de Madrid" n°1710, de 10 de septiembre de 1857, pág.1-3.

Real Decreto de 20 de septiembre de 1858. Esta Ley encuadra los estudios de aparejadores dentro de la rama de estudios profesionales, reduce el número de cursos a la mitad y se da a los mismos una orientación marcadamente práctica³⁷. Como características básicas destacamos:

- Plan de estudios:
 - Dos cursos.
 - Cuatro horas diarias de clase, y tres horas semanales por asignatura, de las cuales hora y media eran para lecciones orales y el resto para realizar ejercicios prácticos.
 - Se introducen asignaturas como topografía, geometría descriptiva, levantamiento de planos y construcción de edificios, mecánica, construcción y composición.

A partir de la Revolución de 1868, se suprimen las ayudas a las Escuelas de Bellas Artes, Aparejadores, Maestros de Obras, Agrimensores y Náutica, liberalizando los estudios y descentralizándolos, movimiento que acaba con el Real decreto de 5 de mayo de 1871 donde se suprimen las enseñanzas de Maestro de Obra y de Aparejador, declarando libre la profesión y sin necesidad de título para su ejercicio³⁸.

En 1895, mediante el Real Decreto de 20 de agosto, se restablece la enseñanza de Aparejadores, adscribiéndola a las Escuelas de Artes y Oficios. Se establece que la matrícula y los derechos de examen sean gratuitos. La duración vuelve aumentar a 5 años, para que los estudiantes puedan compaginar trabajo y estudio. Entre las características destacadas de este nuevo periodo destacamos³⁹:

- Requisitos de ingreso: No se exigen requisitos especiales, únicamente haber aprobado aritmética, geometría práctica y dibujo lineal, o acreditar los conocimientos mediante examen previo.

³⁷ “Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos” Pilar Izquierdo Gracia, pág.120.

“Gaceta de Madrid” nº266, de 23 de septiembre de 1858, pág.1-2.

³⁸ “Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos” Pilar Izquierdo Gracia, pág.130.

“El régimen jurídico de la profesión de Arquitecto Técnico y Aparejador” Francisco J. Arenas Cabello, pág. 103.

“Gaceta de Madrid” nº147, de 25 de mayo de 1971, pág.1209.

³⁹ “Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos” Pilar Izquierdo Gracia, pág.142.

“Las competencias profesionales de los Arquitectos Técnicos y Aparejadores” José Luis Gil Ibáñez, pág. 29.

“El régimen jurídico de la profesión de Arquitecto Técnico y Aparejador” Francisco J. Arenas Cabello, pág.46.

“Gaceta de Madrid” nº235, de 23 de agosto de 1895, pág.692-693.

- Plan de estudios:
 - Cinco cursos.
 - Gran importancia de la asignatura de dibujo, tanto geométrico como arquitectónico, para poder interpretar los planos.
 - Estudio de materiales de construcción y otras asignaturas de carácter industrial que no son tan provechosas para la profesión.
 - Se requiere el estudio del idioma francés.

Justo a principio del siglo XX, las Escuelas de Bellas Artes y las de Artes y Oficios se fusionan a partir de la promulgación del Real decreto de 4 de enero de 1900. La enseñanza continúa siendo gratuita y el único requisito para el ingreso es ser mayor de 12 años, saber leer y escribir y tener nociones de aritmética. En 1901, mediante el Real Decreto de 17 de agosto se organizan las denominadas Enseñanzas Técnicas⁴⁰:

- Se organizan los institutos de segunda enseñanza, denominándolos Institutos Generales y Prácticos, donde se imparten estudios de bachiller y otros industriales, que habilitan para realizar estudios posteriores en las escuelas superiores industriales, donde se imparten también estudios de aparejador.
- Plan de estudios:
 - Tres cursos
 - El dibujo continúa siendo materia importante, impartándose en todos los cursos.
 - Se potencian las asignaturas como geometría y álgebra, topografía, y la preparación específica sobre la construcción: como el estudio de materiales de obra, contabilidad aplicada a la construcción y la legislación aplicable.
 - Se requiere el estudio de idiomas como el inglés o alemán,

En 1906, mediante el Real Decreto de 22 de septiembre, se reforma nuevamente el Plan de Estudios de los aparejadores, incorporando el requisito de acreditación de dos años de prácticas en construcción previamente a la realización

⁴⁰ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.145-149.

"Gaceta de Madrid" nº5, de 5 de enero de 1900, pág.57-58.

"Gaceta de Madrid" nº231, de 19 de agosto de 1901, pág.790-795.

de un examen de reválida⁴¹. Un año después y por el Real Decreto de 6 de agosto de 1907, se unifican las Escuelas Superiores de Industrias, las Escuelas Superiores de Artes Industriales y las Escuelas de Artes e Industrias en Escuelas de Artes e Industrias, donde se imparten los grados elementales y superiores. Por tanto, se modifica el Plan de estudios de Aparejadores en base a los siguientes apartados⁴²:

- Plan de estudios:
 - Cinco cursos, con asignaturas comunes a los Peritos Mecánicos.
 - Creación de la asignatura construcción arquitectónica.
 - Se eliminan asignaturas que no tienen utilidad para la profesión (como por ejemplo mecánica aplicada).
 - Se rebaja el nivel de matemáticas, física, geometría, trigonometría, legislación y economía.
 - Se elimina el inglés.

En 1910, se vuelve a reformar los estudios debido al fracaso del plan anterior. Se promulga el Real Decreto de 8 de junio, separando de nuevo las escuelas, en las de grado elemental (Escuelas de Artes y Oficios) y las Escuelas de Industrias, para el grado superior. En este nuevo Plan, se pide como requisito previo al examen de reválida, que el estudiante haya realizado dos años de prácticas en obras de nueva construcción, mediante certificado expedido por el arquitecto director de las mismas⁴³.

No es hasta el 1924, mediante el Real Decreto del 15 de marzo, cuando se separan las Escuelas de Aparejadores de las Escuelas Industriales, ya que se pretende dar un enfoque orientado al mundo de la construcción, diferenciándolo del industrial. En este momento, se empiezan a cursar los estudios de Aparejador en las Escuelas de Arquitectura de Madrid y Barcelona, situación que genera un incremento del número de alumnos⁴⁴.

Entre el 1936 y el 1939, las Escuelas de Aparejadores permanecen cerradas a causa de la Guerra Civil, retomándose las actividades docentes en 1939 en las

⁴¹ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.149.

"Gaceta de Madrid" nº268, de 25 de septiembre de 1906, pág.1209-1211.

⁴² "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.153.

"Gaceta de Madrid" nº222, de 10 de agosto de 1907, pág.593-596.

⁴³ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.159.

"Gaceta de Madrid" nº362, de 28 de diciembre de 1910, pág.724-726.

⁴⁴ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.180.

"Gaceta de Madrid" nº 76, de 16 de marzo de 1924, pág. 1527.

Escuelas Especiales de Ingenieros y Arquitectos. El Plan de estudios vigente continúa siendo el de 1935, pero se establece un examen de cultura general de carácter previo y eliminatorio, para reducir el número de candidatos a alumnos⁴⁵.

En 1955, mediante el Decreto de 10 de agosto, se disponen las normas que regularán a partir de entonces las Escuelas de Aparejadores, reorganizando su enseñanza. Las principales características de dicho Decreto son⁴⁶:

- Las Escuelas Oficiales de Aparejadores son centros docentes que imparten los estudios de forma autónoma, aunque continúan dependiendo de las Escuelas de Arquitectura.
- Se realiza una selección para el ingreso, mediante reconocimiento médico, una prueba de madurez y un curso selectivo dentro de la propia escuela.
- Plan de Estudios:
 - Tres cursos
 - Se incluyen nuevas asignaturas como: mediciones y presupuestos, máquinas y equipos auxiliares, instalaciones y cálculo de estructuras.
- Finalizados los estudios se realizará una prueba de grado ante el Vicedirector y cuatro profesores, con ejercicios orales y escritos.
- El título obtenido será el de Aparejador de Obras.

Solo dos años después se aprueba la Ley de Organización de las Enseñanzas Técnicas de Grado Superior y Medio, de 20 de julio de 1957. Con esta Ley se regulan las enseñanzas técnicas, estableciendo dos grados, el medio (como los Aparejadores o Peritos) y el superior (para Ingenieros y Arquitectos). Respecto a los aparejadores, el nuevo Plan de Estudios pedía como requisito previo al ingreso en la Escuela⁴⁷:

⁴⁵ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.203.

⁴⁶ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.215.
«BOE» núm. 252, 9 de septiembre de 1955, pág. 5562.

⁴⁷ "Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos" Pilar Izquierdo Gracia, pág.215.
"Las competencias profesionales de los Arquitectos Técnicos y Aparejadores" José Luis Gil Ibáñez, pág. 46.

"El régimen jurídico de la profesión de Arquitecto Técnico y Aparejador" Francisco J. Arenas Cabello, pág. 53.

«BOE» núm. 187, 22 de julio de 1957, pág. 603.

- Estar en posesión del título de Bachiller, Perito mercantil, Maestro de primera enseñanza, Maestro industrial, Oficial industrial u Oficial de primera con dos años de antigüedad.
- Se accedía a los estudios mediante la superación de un curso selectivo de iniciación realizado en la propia Escuela.
- Para obtener el título, se requiere haber realizado un trabajo conjunto sobre las materias características de su especialidad, en régimen de oficina técnica, pudiendo obtener tres titulaciones o especialidades:
 - Aparejador, sección de urbanismo.
 - Aparejador, sección de organización de obras.
 - Aparejador, sección de instalaciones.

En 1964 se produce una reordenación de las enseñanzas técnicas mediante la promulgación de la Ley 2/1964, de 29 de abril, con un accidentado desarrollo posterior, que culminará en la Ley 12/1986, del 1 de abril. Con la Ley 636/1968 de 21 de marzo, se aprueba el texto refundido de la Ley 2/1964 y los preceptos subsistentes de disposiciones anteriores⁴⁸. Los objetivos de esta Ley eran:

- Establecer un régimen más flexible para acceder a la enseñanza media y superior: Tendrán acceso directo a las enseñanzas técnicas los bachilleres superiores, los peritos mercantiles, los maestros industriales y los de primera enseñanza. También podrán acceder, previa aprobación de un curso de adaptación, los bachilleres laborales elementales (excepto los administrativos) y los oficiales industriales.
- Acortar la duración de los estudios, estableciendo para las escuelas técnicas de grado medio una duración de tres cursos.
- Establecer nuevos planes de estudio, estableciendo a los aparejadores, un período de práctica de seis meses.

Un año después, y mediante el Decreto de 14 de agosto de 1965 se crea la nueva denominación del título de Arquitecto Técnico, en sustitución al de Aparejador, con dos especialidades: Arquitecto técnico en ejecución de obras y Arquitecto Técnico en economía de la construcción. El nuevo Plan de estudios suprime los cursos selectivos de iniciación como requisito previo de ingreso y se organiza en base a un curso preparatorio y un primer curso con materias comunes

⁴⁸ «BOE» núm. 105, 1 de mayo de 1964, pág. 5581.
«BOE» núm. 85, 8 de abril de 1968, pág. 5262.

a las dos especialidades. El segundo y tercer curso eran diferentes según la especialidad. Al finalizar la carrera se preveía realizar seis meses de prácticas. Esta titulación no llegó a obtener titulados, ya que se homologó al Plan de 1969. Esta Ley originó una importante polémica debido a que los arquitectos estimaron que el cambio de denominación podía dar lugar a confusión entre ambas profesiones⁴⁹.

En 1969 se publica el Decreto 148/1969 de 13 de febrero, referido a las denominaciones y especialidades de las Escuelas Técnicas. El mismo, marca la derogación de los anteriores planes, anulación de especialidades como la del Aparejador y denominación de la carrera como Arquitectura Técnica. Bajo dicha denominación se propone la realización de un curso preparatorio, del que quedan exentos los bachilleres superiores, etc., seguido de tres cursos con nuevas asignaturas como: organización, programación y control de obras, y oficina técnica. Para la obtención del título era necesario la elaboración de un trabajo final de carrera, obteniendo un único título de Arquitecto Técnico en ejecución de obras. El Consejo Superior de Colegios Profesionales de los Arquitectos impugnó el Decreto, al considerar que el término de Arquitecto Técnico podía inducir a confusión⁵⁰.

El mismo año, 1969, se publica el Libro Blanco, titulado “La educación en España: bases para una política educativa”, de Villar Palasí y Díez Hochleitner, principal estudio de la planificación educativa en España hasta el momento. En él se estudia la manera de reorganizar el sistema educativo y universitario español, para integrar los estudios dotándolos de continuidad y cohesión hasta la enseñanza universitaria. Como resultado de los postulados del “Libro Blanco”, se promulga la Ley General de Educación de 4 de agosto de 1970, que establece la estructura actual de los estudios de Arquitectura Técnica. En dicha Ley, se establece la integración de las Escuelas de Arquitectos Técnicos en la Universidad, como Escuelas Universitarias, quedando encuadradas como carreras de primer ciclo. A partir de este momento, cada Universidad es libre de fijar sus propios planes de

⁴⁹ “Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos” Pilar Izquierdo Gracia, pág.220.

“Las competencias profesionales de los Arquitectos Técnicos y Aparejadores” José Luis Gil Ibáñez, pág. 18.

“El régimen jurídico de la profesión de Arquitecto Técnico y Aparejador” Francisco J. Arenas Cabello, pág. 54.

«BOE» núm. 202, 24 de agosto de 1965, pág. 11808.

⁵⁰ “Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos” Pilar Izquierdo Gracia, pág.221.

“Las competencias profesionales de los Arquitectos Técnicos y Aparejadores” José Luis Gil Ibáñez, pág. 31.

«BOE» núm. 39, 14 de febrero de 1969, pág. 2269.

estudios, aunque el modelo básico se basa en tres cursos más un trabajo de fin de carrera y se homologa la titulación obtenida como la de Arquitecto Técnico⁵¹.

En 1971 se estable con carácter experimental el Plan de estudios que se basa en los parámetros anteriormente citados, siendo en 1976 refrendado definitivamente, así como, los que se estaban aplicando en las escuelas universitarias. También se establece el acceso a los estudios mediante el aprobado de un curso pre-universitario, y superada una prueba de acceso a la universidad para mayores de 25 años, o finalizados los estudios de segundo ciclo de la Formación Profesional⁵².

En 1993, se empieza a aplicar el Real Decreto 927/1992 de 17 de julio, el cual establece el título universitario de Arquitecto Técnico y las directrices generales propias del plan de estudios en base a las siguientes características fundamentales (siendo el Plan actualmente en vigor con 270 créditos)⁵³:

- Los estudios se articularán como enseñanza universitaria de primer ciclo de 3 cursos y con un número de créditos superior a 180.
- La carga lectiva oscilará entre veinte y treinta horas semanales, y en ningún caso la enseñanza teórica superará las quince horas semanales.

Más recientemente, en 2005, se publica el “Libro Blanco sobre el Título de Grado en Ingeniería de Edificación” editado por la ANECA. Se trata de una propuesta no vinculante, realizada por 7 universidades españolas, que recoge aspectos fundamentales en el diseño de un modelo de Título de Grado:

- Análisis de los estudios correspondientes o similares en Europa.
- Características de la titulación europea seleccionada.
- Estudios de inserción laboral.
- Perfiles y competencias profesionales.

A partir de la propuesta⁵⁴:

⁵¹ “Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos” Pilar Izquierdo Gracia, pág.225.
“Las competencias profesionales de los Arquitectos Técnicos y Aparejadores” José Luis Gil Ibáñez, pág. 48.
“El régimen jurídico de la profesión de Arquitecto Técnico y Aparejador” Francisco J. Arenas Cabello, pág. 55-68.

⁵² “Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos” Pilar Izquierdo Gracia, pág.228.

⁵³ “Historia de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos” Pilar Izquierdo Gracia, pág.232.
«BOE» núm. 206, de 27 de agosto de 1992, pág. 29828.

⁵⁴ “Libro Blanco. Título de Grado de Ingeniería de Edificación” Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación.

- Se propone cambiar la titulación de Arquitecto Técnico denominándolo Ingeniero de Edificación, para adaptarlo a la realidad europea.
- Se analizan los diferentes estudios afines en Europa y cuáles son los títulos homologables.
- Se estudia cuál es el nivel de inserción laboral de los titulados.
- Se determinan los principales perfiles profesionales de los titulados.
- Se contrasta las competencias con la experiencia académica y profesional de los titulados.
- Se indica cuál ha de ser la estructura general del título, los créditos correspondientes y los criterios de evaluación para garantizar la calidad de la titulación.

En 2007 se realiza la adaptación del título al Espacio Europeo de Enseñanza Superior (EEES, comúnmente conocido como Plan Bolonia), donde los cambios se citan en el Real Decreto 1393/2007 y que se encuentra vigente hasta la actualidad. Destacan⁵⁵:

- Estructuración de 3 ciclos: Grado, Máster y Doctorado.
- Las universidades elaboran los planes de estudios y los verifica el Consejo de Universidades.
- La obtención del título se medirá en créditos ECTS con un total de 240, 4 cursos de 60 créditos (25-30 h/crédito) y una distribución en:
 - Materias básicas (6 ECTS).
 - Materias semestrales (4.5 ECTS).
 - Anuales (9 ECTS).
 - Proyecto Final (12 ECTS).

En la actualidad, la formación conducente al desempeño y desarrollo de la profesión de arquitecto técnico recibe varios nombres, estos nombres responden a la voluntad de las universidades como entidades independientes. Hemos identificado un total de 24 universidades (a fecha 29/11/2017, ver ilustración 1) donde se imparten los estudios con un total de hasta 7 nombres diferentes:

- Graduado/a en Ingeniería de Edificación.
- Graduado/a en Ingeniería de la Edificación
- Graduado/a en Edificación.

⁵⁵ «BOE» núm. 260, de 30 de octubre de 2007 Referencia: BOE-A-2007-18770.

- Graduado/a en Ciencias y Tecnologías de la Edificación.
- Graduado/a en Ciencia y Tecnología de la Edificación.
- Graduado/a en Arquitectura Técnica y Edificación.
- Graduado/a en Arquitectura Técnica



Ilustración 1.- Facultades/Universidades que ofrecen actualmente (a fecha 29/11/2017) los estudios relacionados con alguna de sus nomenclaturas.

3.3 EL PROYECTO FINAL DE GRADO (PFG)

3.3.1 Normativas reguladoras

La Ley 38/1999, de 5 de noviembre, conocida como de Ordenación de la Edificación (LOE), fue publicada en el BOE núm. 266, de 06/11/1999 (por el Departamento de Jefatura de Estado), entrando en vigor el 06/05/2000 (Referencia: BOE-A-1999-21567). Los objetivos prioritarios de la misma son:

- Regular el proceso de la edificación, actualizando y completando la configuración legal de los agentes que intervienen en el mismo,
- Fijar sus obligaciones para así establecer las responsabilidades
- Cubrir las garantías a los usuarios y los edificios.

En el Artículo 13 se definen las obligaciones del director de la ejecución de la obra, destacando dentro de estas obligaciones las de:

- Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas.
- Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.
- Consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas.
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.
- Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado.

En la actualidad, todas estas obligaciones están en consideración en la composición de los módulos, las materias y las asignaturas que componen el grado. No obstante, y para afianzar estos procesos en el 2004 la ANECA crea el **Libro Blanco** del título universitario de Grado en Ingeniería de Edificación, estableciendo una estructura de primer nivel o Grado de cuatro cursos lectivos anuales de 240 créditos ECTS (180 obligatorios para todas las facultades y 60 propios para cada

centro), con un carácter generalista en la formación académica de la ingeniería de la edificación.

Este documento toma como punto de partida la titulación ya existente de Arquitectura Técnica, de acuerdo a la cual, y mediante la relación existente con el resto de titulaciones universitarias homologables académicamente en el entorno europeo, se configura el nuevo título de grado, el cual dará acceso a la profesión regulada ya existente de Arquitecto Técnico.

Mediante el **Real Decreto 55/2005** se aprueba la estructura de las enseñanzas universitarias y la regulación de los estudios universitarios oficiales de Grado, Máster y Doctorado. No obstante, en el 2007, dicho Real Decreto es derogado por el **Real Decreto 1393/2007**, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales y sus ramas de conocimiento. Mediante la Orden **ECI/3855/2007** de 27 de diciembre, se establecen los requisitos de verificación de los títulos universitarios oficiales, que habilitan para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico, utilizando la denominación de Graduado o Graduada en Ingeniería de Edificación, dentro de la rama de conocimiento de Ingeniería y Arquitectura.

En este punto se definen módulos, materias y competencias, así como contenido básico del PFG, en base a los 180 créditos ECTS comunes:

- Módulo de formación básica (60 créditos):
 - Fundamentos Científicos.
 - Expresión Gráfica.
 - Química y Geología.
 - Instalaciones.
 - Empresa.
 - Derecho.
- Módulo de formación específica (108 créditos):
 - Expresión Gráfica
 - Técnicas y Tecnología de la Edificación.
 - Estructuras e Instalaciones de la Edificación.
 - Gestión del Proceso.
 - Gestión Urbanística y Economía aplicadas.
 - Proyectos Técnicos.
- Proyecto Final de Grado (12 créditos):

- Competencias básicas a adquirir: Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.

En 2010, se modifica el Real Decreto 1393/2007, por el que establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales mediante el **Real Decreto 861/2010**, de 2 de julio.

Aunque no se trata de una norma que regule directamente el contenido académico de la formación, el **Código Técnico de la Edificación (CTE)**⁵⁶, ha influido en la configuración de los planes de estudios y en la composición última de las asignaturas que los forman. En él, se establecen los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad de las construcciones, definidos por la LOE. En este sentido establece directrices que regularan, en parte, aspectos de la profesión de arquitecto técnico.

Así en el anejo I del RD 314/2006⁵⁷, que es el que aprueba el CTE, se relaciona los contenidos del proyecto de edificación, sin perjuicio de lo que, en su caso, establezcan las administraciones competentes. La participación en la elaboración parcial o total de estos contenidos ha formado parte de las competencias profesionales del Arquitecto Técnico, y como veremos más adelante ha influido notablemente en el contenido del TFG planteado en La Salle. En el anejo II se detalla, con carácter indicativo y sin perjuicio de lo que establezcan otras administraciones públicas competentes, el contenido de la documentación del seguimiento de la ejecución de la obra, tanto la exigida reglamentariamente, como la documentación del control realizado a lo largo de la obra.

3.3.2 EL PFG en universidades españolas

Con el objetivo de caracterizar el PFG de La Salle respecto el resto de PFGs de las facultades españoles que cursan, o han cursado, el grado de Arquitectura Técnica y Edificación, se ha realizado un estudio en base a los datos recopilados de los 31 centros identificados.

Las instituciones estudiadas han sido:

⁵⁶ <https://www.codigotecnico.org/>

⁵⁷ BOE núm. 74, de 28 de marzo de 2006, páginas 11816 a 11831:
<https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/realDecreto/RD3142006.pdf>

1. E.P.S. DE ALICANTE
2. E.T.S. ARQUITECTURA LA SALLE BARCELONA
3. E.P.S. EDIFICACIÓN DE BARCELONA
4. E.P.S. DE BURGOS
5. E.U. POLITÉCNICA DE CÁCERES
6. ESC. DE ARQUITECTURA E ING. EDIFICACIÓN U.P. DE CARTAGENA
7. E.T.S. ARQUITECTURA TÉCNICA DE CASTELLÓN DE LA PLANA
8. ESCUELA POLITÉCNICA DE CUENCA
9. E.P.S. GIRONA
10. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR EDIFICACIÓN DE GRANADA
11. ESCUELA ARQUITECTURA ALCALÁ DE HENARES, GUADALAJARA
12. E.U.P. DE DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN
13. ESCUELA POLITÉCNICA DE ZARAGOZA
14. ESCUELA ARQUITECTURA TÉCNICA DE LA CORUÑA
15. ESCUELA ARQUITECTURA TÉCNICA LA LAGUNA
16. ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LLEIDA
17. ESCUELA UNIVERSITARIA ARQUITECTURA TÉCNICA UNIVERSIDAD CATOLICA DE SAN ANTONIO, MURCIA
18. ESC. POLITÉCNICA SUPERIOR ILLES BALEARS, PALMA DE MALLORCA
19. E.U. ARQUITECTURA TÉCNICA DE NAVARRA
20. E.T.S INGENIERIA DE EDIFICACIÓN SEVILLA
21. E.T.S. ING. EDIFICACIÓN DE VALENCIA
22. E.P.S DE VALLADOLID
23. E.S. ARQUITECTURA Y TEC. UNIV. CAMILO JOSE CELA MADRID
24. E.P.S. DE VILLANUEVA DE LA CAÑADA MADRID
25. E.S. DE ARTE Y ARQUITECTURA ESAYA MADRID
26. E.P.S. DE ZAMORA
27. ESC. SUPERIOR ING. Y ARQUITECTURA UPSAM UNIV. PONTIFICIA DE SALAMANCA
28. ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR UNIVERSIDAD ANTONIO NEBRIJA MADRID
29. ESC. POLITÉCNICA SUPERIOR BOADILLA DEL MONTE UNIV. SAN PABLO CEU
30. ESCUELA SUPERIOR DE DISEÑO E INGENIERÍA ELISAVA

El primer análisis realizado se ha basado en obtener las **competencias generales** que el PFG de cada centro describe cómo las que ha de obtener el estudiante que se gradúa. Los datos obtenidos han sido:

1. E.P.S. DE ALICANTE:

- a. Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- b. Dirigir la ejecución material de las obras de edificación, de sus instalaciones y elementos, llevando a cabo el control cualitativo y cuantitativo de lo construido mediante el establecimiento y gestión de los planes de control de materiales, sistemas y ejecución de obra, elaborando los correspondientes registros para su incorporación al Libro del Edificio. Llevar el control económico de la obra (certificaciones y la liquidación de la obra ejecutada).
- c. Redactar estudios y planes de seguridad y salud laboral y coordinar la actividad de las empresas en materia de seguridad y salud laboral en obras de construcción.
- d. Llevar a cabo actividades técnicas de cálculo, mediciones, valoraciones, tasaciones y estudios de viabilidad económica; realizar peritaciones, inspecciones, análisis de patología y otros análogos y redactar los informes, dictámenes y documentos técnicos correspondientes; efectuar levantamientos de planos en solares y edificios.
- e. Elaborar los proyectos técnicos y desempeñar la dirección de obras de edificación en el ámbito de su habilitación legal.
- f. Gestionar las nuevas tecnologías edificatorias y participar en los procesos de gestión de la calidad en la edificación; realizar análisis, evaluaciones y certificaciones de eficiencia energética, así como estudios de sostenibilidad en los edificios.
- g. Dirigir y gestionar el uso, conservación y mantenimiento de los edificios, redactando los documentos técnicos necesarios. Estudios del ciclo de vida útil de los materiales, sistemas constructivos y edificios. Tratamiento de los residuos de demolición y de la construcción.
- h. Asesorar técnicamente en los procesos de fabricación de materiales y elementos utilizados en la construcción de edificios. Gestionar el proceso inmobiliario en su conjunto. Ostentar la representación técnica de las empresas constructoras
- i. Identificación, análisis y control de riesgos laborales en obras de edificación teniendo en cuenta sus exigencias legales en materia de seguridad y salud laboral
- j. Comprender la lógica y el funcionamiento del entorno económico donde se integra la empresa de construcción. Comprender conceptos como inflación, desempleo, PIB, productividad, sector público, inversión, mercado de viviendas, política de viviendas o licitación, entre otros, y sus implicaciones para la empresa promotora. Aprender el funcionamiento de los sistemas de gestión financiera de la empresa constructora, estructura bancaria, medios de pago. Aprender y comprender el funcionamiento del Mercado inmobiliario y el de viviendas en España, con el objeto de facilitar la toma de decisiones de construcción. Resolver problemas prácticos de la empresa de edificación mediante la utilización de herramientas de cálculo económico, como el cálculo de una cuota hipotecaria, estimar el crecimiento de los costes de construcción, calcular la accesibilidad de las familias a la vivienda o el ritmo de crecimiento de los precios, entre otros.
- k. Conocer la estructura de distribución de los bienes inmobiliarios y la organización de sus mercados. Medir la relevancia de los determinantes fundamentales de la construcción de bienes inmobiliarios no residenciales y sus implicaciones para la empresa promotora. Interactuar con los mercados hipotecarios con los planes de financiación de las promociones. Calcular el rendimiento de la empresa de edificación y tomar decisiones de gasto e inversión en construcción. Calcular el precio del suelo.

2. E.T.S. ARQUITECTURA LA SALLE BARCELONA

- a. Que sean capaces de analizar y sintetizar marcos conceptuales generando nuevos conocimientos.
- b. Que sean capaces de organizar y planificar la aplicación de los nuevos conocimientos
- c. Que sean capaces de adquirir habilidades de gestión de información
- d. Que sean capaces de resolver problemas.
- e. Que sean capaces de tomar decisiones en los proyectos, sistemas constructivos, organización.
- f. Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluyendo también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.

- g. Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- h. Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios que incluyan reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- i. Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- j. Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

3. E.P.S. EDIFICACIÓN DE BARCELONA

- a. *SIN DATOS PÚBLICOS*

4. E.P.S. DE BURGOS

- a. Aptitud para la presentación y defensa ante un tribunal universitario de un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas, en un proyecto de construcción y su gestión, o un trabajo relacionado con la investigación en una de las líneas establecidas por los Departamentos, mediante intercambio con otros centros universitarios en el marco de las relaciones nacionales e internacionales.

5. E.U. POLITÉCNICA DE CÁCERES

- a. Aptitud para utilizar los conocimientos aplicados relacionados con el cálculo numérico e infinitesimal, el álgebra lineal, la geometría analítica y diferencial, y las técnicas y métodos probabilísticos y de análisis estadístico.
- b. Conocimiento aplicado de los principios de mecánica general, estática de sistemas estructurales, geometría de masas, y principios/métodos de análisis del comportamiento elástico del sólido.
- c. Capacidad para aplicar los sistemas de representación espacial, el desarrollo del croquis, la proporcionalidad, el lenguaje y las técnicas de la representación gráfica de los elementos y procesos constructivos.
- d. Conocimiento de las características químicas de los materiales empleados en la construcción, sus procesos de elaboración, la metodología de los ensayos de determinación de sus características, su origen geológico, del impacto ambiental, el reciclado y la gestión de residuos.
- e. Conocimiento de los fundamentos teóricos y principios básicos aplicados a la edificación, de la mecánica de fluidos, la hidráulica, la electricidad y el electromagnetismo, la calorimetría e higrótermia, y la acústica.
- f. Conocimiento adecuado del concepto de empresa, su marco institucional, modelos de organización, planificación, control y toma de decisiones estratégicas en ambientes de certeza, riesgo e incertidumbre; sistemas de producción, costes, planificación, fuentes de financiación y elaboración de planes financieros y presupuestos. Capacidad para organizar pequeñas empresas, y de participar como miembro de equipos multidisciplinares en grandes empresas.
- g. Conocimientos básicos del régimen jurídico de las Administraciones Públicas y de los procedimientos de contratación administrativa y privada.

6. ESC. DE ARQUITECTURA E ING. EDIFICACIÓN U.P. DE CARTAGENA

- a. Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio, con capacidad de actualizarse constantemente.
- b. Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- c. Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- d. Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- e. Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- f. Elaborar los proyectos técnicos desempeñar la dirección de obras de edificación en el ámbito de su habilitación legal.

7. E.T.S. ARQUITECTURA TÉCNICA DE CASTELLÓN DE LA PLANA

- a. Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas

8. ESCUELA POLITÉCNICA DE CUENCA

- b. Capacidad de análisis y síntesis.
- c. Capacidad de organización y planificación.
- d. Capacidad de gestión de la información.
- e. Resolución de problemas.
- f. Toma de decisiones.
- g. Razonamiento crítico.
- h. Trabajo en equipo.
- i. Trabajo en un equipo de carácter interdisciplinar.
- j. Trabajo en un contexto internacional.
- k. Habilidades en las relaciones interpersonales.
- l. Reconocimiento a la diversidad y la multiculturalidad.
- m. Aprendizaje autónomo.
- n. Adaptación a nuevas situaciones.
- o. Tratamiento de conflictos y negociación.
- p. Sensibilidad hacia temas medioambientales.
- q. Creatividad e innovación.
- r. Liderazgo.
- s. Iniciativa y espíritu emprendedor.
- t. Motivación por la calidad.
- u. Dominio de una segunda lengua extranjera, preferentemente el inglés, en el nivel B1 del Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas.
- v. Dominio de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).
- w. Correcta comunicación oral y escrita.
- x. Compromiso ético y deontología profesional.

9. E.P.S. GIRONA

- a. Búsqueda y selección de información de forma eficaz.
- b. Comunicarse oralmente y por escrito.
- c. Análisis de las implicaciones éticas de las actuaciones profesionales.
- d. Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

10. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR EDIFICACIÓN DE GRANADA

- a. *SIN DATOS PÚBLICOS*

11. ESCUELA ARQUITECTURA ALCALÁ DE HENARES, GUADALAJARA

- b. Desarrollar las habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- c. Demostrar que los alumnos poseen y comprenden los conocimientos de un área de estudio específica.
- d. Que los alumnos sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo de forma profesional para la resolución de problemas de su área de estudio.
- e. Realizar actuaciones profesionales relativas a las temáticas desarrolladas en el Grado.

12. E.U.P. DE DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN

- a. Presentación y defensa delante de un tribunal universitario de un proyecto consistente en la integración de contenidos formativos recibidos y de las competencias adquiridas.

13. ESCUELA POLITÉCNICA DE ZARAGOZA

- a. Conocimiento de los materiales y sistemas constructivos tradicionales o prefabricados empleados en la edificación, sus variedades y las características físicas y mecánicas que los definen.
- b. Aptitud para identificar los elementos y sistemas constructivos, definir su función y compatibilidad y su puesta en obra en el proceso constructivo. Plantear y resolver detalles constructivos.
- c. Conocimiento de los procedimientos específicos de control de la ejecución material de la obra de edificación.
- d. Capacidad para dictaminar sobre las causas y manifestaciones de las lesiones de los edificios, proponer soluciones para evitar o subsanar las patologías, y analizar el ciclo de vida útil de los elementos y sistemas constructivos.

- e. Capacidad para aplicar la normativa técnica al proceso de la edificación, y generar documentos de especificación técnica de los procedimientos y métodos constructivos de edificios.
- f. Aptitud para aplicar la normativa específica sobre instalaciones al proceso de la edificación.
- g. Aptitud para analizar, diseñar y ejecutar soluciones que faciliten la accesibilidad universal en los edificios y su entorno.

14. ESCUELA ARQUITECTURA TÉCNICA DE LA CORUÑA

- a. SIN DATOS PÚBLICOS

15. ESCUELA ARQUITECTURA TÉCNICA LA LAGUNA

- b. Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.
- c. Aptitud para desarrollar todas aquellas competencias adquiridas en los módulos básicos, específicos o propios de la universidad.

16. ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LLEIDA

- a. Capacidad de resolución de problemas y elaboración y defensa de argumentos dentro del área de estudio.
- b. Capacidad de recoger e interpretar datos relevantes, dentro del área de estudio, para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes sociales, científicas o técnicas.
- c. Capacidad de transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público sea especializado o no.
- d. Poseer habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores o mejorar su formación con un cierto grado de autonomía.
- e. Capacidad de análisis y síntesis.
- f. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información o bajo presión.
- g. Capacidad de planificación y organización del trabajo personal.
- h. Tener motivación por la calidad y la mejora continua.
- i. Capacidad de considerar el contexto socio-económico, así como los criterios en las soluciones de ingeniería.

17. ESCUELA UNIVERSITARIA ARQUITECTURA TÉCNICA UNIVERSIDAD CATOLICA DE SAN ANTONIO, MURCIA

- a. Poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.
- b. Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- c. Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- d. Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- e. Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- f. la comunicación escrita y oral, así como para el análisis, organización, planificación y síntesis que proporcione suficiencia o idoneidad en el razonamiento crítico.
- 7.- Conocimiento de: inglés, como intercambio global de información.
- g. Manejar herramientas informáticas que permitan la gestión de datos, resolución de problemas y ayuden a la toma de decisiones.
- h. Trabajo en equipo, interdisciplinar, que conjugue habilidades interpersonales, manteniendo el respeto a la diversidad, como la convivencia con otras culturas.
- i. Promover la igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres, la accesibilidad a personas con discapacidad y valores fundamentales como la cultura de la paz, criterios democráticos y derechos universales.
- j. Adquirir criterios de formación continua, adaptabilidad a las transformaciones sociales, motivación por la calidad desde la creatividad.
- k. Compatibilizar las exigencias medioambientales con las condiciones de desarrollo.

18. ESC. POLITÉCNICA SUPERIOR ILLES BALEARS, PALMA DE MALLORCA

- a. Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que luyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- b. Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- c. Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

19. E.U. ARQUITECTURA TÉCNICA DE NAVARRA

- a. *EN EXTINCIÓN*

20. E.T.S INGENIERIA DE EDIFICACIÓN SEVILLA

- b. Actitud social positiva frente a las innovaciones sociales y tecnológicas.
- c. Capacidad de trabajar en un contexto internacional.
- d. Conocer y comprender el respeto a los derechos fundamentales, a la igualdad de oportunidades entre mujeres y hombres, la accesibilidad universal para personas con discapacidad, y el respeto a los valores propios de la cultura de la paz y los valores democráticos.
- e. Capacidad para trabajar en un equipo de carácter interdisciplinar.
- f. Aptitud de liderazgo.
- g. Fomentar el emprendimiento.
- h. Capacidad de organización y planificación.
- i. Capacidad para la resolución de problemas.
- j. Capacidad para tomar decisiones.
- k. Aptitud para la comunicación oral y escrita de la lengua nativa.
- l. Capacidad de análisis y síntesis, de gestión de la información, para trabajar en equipo, para el razonamiento crítico, de improvisación y adaptación para enfrentarse a nuevas situaciones, de razonamiento, discusión y exposición de ideas propias, de comunicación a través de la palabra y de la imagen, de búsqueda, análisis y selección de la información, y para el aprendizaje autónomo.
- m. Poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel, que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.
- n. Aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- o. Capacidad de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- p. Transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- q. Desarrollar aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

21. E.T.S. ING. EDIFICACIÓN DE VALENCIA

- a. Poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel, que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.
- b. Saber aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y poseer las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y resolución de problemas dentro del área de estudio.
- c. Capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- d. Capacidad de transmitir información oral y escrita en la lengua nativa: ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- e. Poseer habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- f. Conducta ética en ingeniería. Capacidad crítica y autocrítica. Conciencia de la necesidad de calidad y alto nivel profesional y de su aplicación al continuo perfeccionamiento.
- g. Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.

22. E.P.S DE VALLADOLID

- a. Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.
- b. Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- c. Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- d. Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- e. Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía CG-1 Capacidad de análisis y síntesis.
- f. Capacidad de organización y planificación.
- g. Comunicación oral y escrita en la lengua nativa.
- h. Capacidad de gestión de la información.
- i. Resolución de problemas.
- j. Toma de decisiones.
- k. Razonamiento crítico.
- l. Compromiso ético.
- m. Aprendizaje autónomo.
- n. Adaptación a nuevas situaciones.
- o. Creatividad.
- p. Motivación por la calidad.
- q. Orientación a resultados.
- r. Orientación al cliente.

23. E.S. ARQUITECTURA Y TEC. UNIV. CAMILO JOSE CELA MADRID

- a. SIN DATOS PÚBLICOS

24. E.P.S. DE VILLANUEVA DE LA CAÑADA MADRID

- a. SIN DATOS PÚBLICOS

25. E.S. DE ARTE Y ARQUITECTURA ESAYA MADRID

- a. SIN DATOS PÚBLICOS

26. E.P.S. DE ZAMORA

- a. Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- b. Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- c. Redacción de proyectos técnicos
- d. Hábito de estudio y método de trabajo
- e. Capacidad de razonamiento, discusión y exposición de ideas propias
- f. Capacidad de búsqueda, análisis, y selección de información
- g. Capacidad de organización y planificación
- h. Resolución de problemas
- i. Comunicación oral y escrita en la lengua nativa
- j. Capacidad de análisis y síntesis
- k. Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio
- l. Capacidad de gestión de la información
- m. Adaptación a nuevas situaciones
- n. Aprendizaje autónomo

- o. Iniciativa y espíritu emprendedor
- p. Creatividad
- q. Orientación a resultados

27. ESC. SUPERIOR ING. Y ARQUITECTURA UPSAM UNIV.PONTIFICIA DE SALAMANCA

- a. *EN EXTINCIÓN*

28. ESCUELA POLITÉC. SUPERIOR UNIV. ANTONIO NEBRIJA MADRID

- a. *EN EXTINCIÓN*

29. ESC. POLITÉC. SUPERIOR BOADILLA DEL MONTE UNIV. SAN PABLO CEU

- a. *EN EXTINCIÓN*

30. ESCUELA SUPERIOR DE DISEÑO E INGENIERÍA ELISAVA

- a. *EN EXTINCIÓN*

Del análisis de las competencias generales que aparecen en la documentación pública de las diferentes universidades, se puede concluir:

- Existe una enorme disparidad entre el número de competencias enumeradas entre las diferentes universidades.
- No todas están directamente relacionadas con el crecimiento personal del alumno y en algunos casos están directamente ligadas a una disciplina concreta o al ámbito temático de la construcción.
- Ninguna escuela las clasifica según sean instrumentales, personales o sistémicas.

De las universidades que se han obtenido datos, las competencias más citadas, y por consiguiente las que se pueden considerar como principales según el porcentaje de dicha citación son:

- El 63 % enumera competencias relacionadas con **capacidad para analizar y sintetizar**, así como **adquirir conocimientos**.
- El 78% enumera competencias que identifican capacidad con **aplicar, resolver, decidir y emitir juicios**.
- El 78% enumera competencias relacionadas con **gestionar, transmitir información y liderar equipos**.

A continuación, se buscaron las **competencias específicas** que los diversos centros tenían definidas:

1. E.P.S. DE ALICANTE

- a. Capacidad para interpretar y elaborar la documentación gráfica de un proyecto, realizar toma de datos, levantamientos de planos y el control geométrico de unidades de obra.
- b. Capacidad para aplicar la normativa técnica al proceso de la edificación, y generar documentos de especificación técnica de los procedimientos y métodos constructivos de edificios.
- c. Aptitud para aplicar la normativa específica sobre instalaciones al proceso de la edificación.
- d. Aptitud para el pre-dimensionado, diseño, cálculo y comprobación de estructuras y para dirigir su ejecución material.
- e. Aptitud para redactar estudios, estudios básicos y planes de seguridad y salud laboral, y coordinar la seguridad en fase de proyecto o en fase de ejecución de obra.
- f. Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.
- g. Aprender a identificar, analizar y controlar los riesgos en obras de edificación, conociendo los equipos de protección individual y las protecciones colectivas que se pueden usar para ello y sus requisitos, así como las características específicas de los equipos de trabajo para que sean seguros.
- h. Competencias en un idioma extranjero.
- i. Competencias informáticas e informacionales.
- j. Competencias en comunicación oral y escrita.

2. E.T.S. ARQUITECTURA LA SALLE BARCELONA

- a. Presentación y defensa delante de un tribunal universitario de un trabajo de fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas

3. E.P.S. EDIFICACIÓN DE BARCELONA

- a. SIN DATOS

4. E.P.S. DE BURGOS

- a. Capacidad de: análisis y síntesis; de organización y planificación; de comunicación oral y escrita en lengua nativa.
- b. Conocimientos de informática relativos al estudio.
- c. Capacidad de gestión de la información.
- d. Resolución de problemas.
- e. Toma de decisiones.
- f. Trabajo en equipo.
- g. Trabajo en un equipo de carácter interdisciplinar.
- h. Habilidades en las relaciones personales.
- i. Reconocimiento a la diversidad y multiculturalidad.
- j. Razonamiento crítico.
- k. Compromiso ético.
- l. Aprendizaje autónomo.
- m. Adaptación a nuevas situaciones.
- n. Creatividad.
- o. Iniciativa y espíritu emprendedor.
- p. Liderazgo.
- q. Motivación por la calidad.
- r. Sensibilidad hacia temas medioambientales.
- s. Orientación de resultados.
- t. Orientación al cliente.
- u. Capacidad de imaginación y adaptación para enfrentarse con nuevas situaciones.
- v. Actitud positiva frente a las innovaciones sociales y tecnológicas.
- w. Capacidad de razonamiento, discusión, exposición de las ideas propias y de comunicación a través de la palabra y la imagen.

5. E.U. POLITÉCNICA DE CÁCERES

- a. Capacidad para interpretar y elaborar la documentación gráfica de un proyecto.
- b. Procedimientos y métodos infográficos y cartográficos en el campo de la edificación.

- c. Aptitud para trabajar con la instrumentación topográfica.
- d. Conocimiento de los materiales y sistemas constructivos tradicionales o prefabricados.
- e. Capacidad para adecuar los materiales de construcción a la tipología y uso del edificio, gestionar y dirigir la recepción y el control de calidad de los materiales.
- f. Conocimiento de la evolución histórica de las técnicas y elementos constructivos y los sistemas estructurales que han dado origen a las formas estilísticas.
- g. Aptitud para: identificar los elementos y sistemas constructivos, definir su función y compatibilidad y puesta en obra en el proceso constructivo; para intervenir en la rehabilitación de edificios y en la restauración y conservación del patrimonio construido, para aplicar la normativa específica sobre instalaciones al proceso de la edificación; para el pre-dimensionado, diseño, cálculo y comprobación de estructuras y para dirigir su ejecución material.
- h. Procedimientos específicos de control de la ejecución material de la obra de edificación.
- i. Capacidad para: dictaminar sobre las causas y manifestaciones de las lesiones en los edificios, proponer soluciones para evitar o subsanar las patologías, y analizar el ciclo de vida útil de los elementos y sistemas constructivos; para elaborar manuales y planes de mantenimiento y gestionar su implantación en el edificio; para aplicar la normativa técnica al proceso de la edificación, y generar documentos de especificación técnica de los procedimientos y métodos constructivos de edificios.
- j. Conocimiento de la evaluación del impacto medioambiental de los procesos de edificación y demolición, de la sostenibilidad en la edificación, y de los procedimientos y técnicas para evaluar la eficiencia energética de los edificios; del derecho de la construcción y normativas específicas de la prevención y coordinación en materia de seguridad y salud laboral en la edificación; de la organización del trabajo profesional y de los estudios, oficinas y sociedades profesionales, la reglamentación y la legislación relacionada con las funciones que desarrolla el Ingeniero de Edificación y el marco de responsabilidad asociado a la actividad.
- k. Desarrollar constructivamente las instalaciones del edificio.
- l. Aptitud para redactar estudios, estudios básicos y planes de seguridad y salud laboral, y coordinar la seguridad en fase de proyecto o en fase de ejecución de obra.
- m. Capacidad para la gestión del control de calidad en las obras y el análisis, diseño y ejecución de soluciones que faciliten la accesibilidad en los edificios y su entorno.
- n. Capacidad para: confeccionar y calcular precios básicos, auxiliares, unitarios y descompuestos de las unidades de obra; analizar y controlar los costes durante el proceso constructivo; elaborar presupuestos; analizar y realizar proyectos de evacuación de edificios; aplicar las herramientas avanzadas necesarias para la resolución de las partes que comporta el proyecto técnico y su gestión; análisis de los proyectos de ejecución y su traslación a la ejecución de las obras.
- o. Aptitud para el desarrollo de estudios de mercado, valoraciones y tasaciones, estudios de viabilidad inmobiliaria, peritación y tasación económica de riesgos y daños en la edificación.
- p. Conocimiento del marco de regulación de la gestión y la disciplina urbanística; de las funciones y responsabilidades de los agentes que intervienen en la edificación y de su organización profesional o empresarial. Los procedimientos administrativos, de gestión y tramitación; de la organización profesional y las tramitaciones básicas en el campo de la edificación y la promoción.
- q. Aptitud para redactar proyectos técnicos de obras y construcciones, que no requieran proyecto arquitectónico, así como proyectos de demolición y decoración; y redactar documentos que forman parte de proyectos de ejecución elaborados en forma multidisciplinar.

6. ESC. DE ARQUITECTURA E ING. EDIFICACIÓN U.P. DE CARTAGENA

- a. Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.
- b. Comunicación eficaz oral y escrita.
- c. Trabajo en equipo.
- d. Aprendizaje autónomo.
- e. Uso solvente de los recursos de información.
- f. Aplicar conocimientos a la práctica.
- g. Ética y sostenibilidad.
- h. Innovación y carácter emprendedor.

7. E.T.S. ARQUITECTURA TÉCNICA DE CASTELLÓN DE LA PLANA

- a. *SIN DATOS PÚBLICOS*

8. ESCUELA POLITÉCNICA DE CUENCA

- a. Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.

9. E.P.S. GIRONA

- a. Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.

10. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR EDIFICACIÓN DE GRANADA

- a. SIN DATOS PÚBLICOS

11. ESCUELA ARQUITECTURA ALCALÁ DE HENARES, GUADALAJARA

- a. Desarrollar las habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- b. Demostrar que los alumnos poseen y comprenden los conocimientos de un área de estudio específica.
- c. Que los alumnos sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo de forma profesional para la resolución de problemas de su área de estudio.
- d. Realizar actuaciones profesionales relativas a las temáticas del Grado.

12. E.U.P. DE DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN

- a. SIN DATOS PÚBLICOS

13. ESCUELA POLITÉCNICA DE ZARAGOZA

- a. *Conocimiento de los materiales y sistemas constructivos tradicionales o prefabricados empleados en la edificación, sus variedades y las características físicas y mecánicas que los definen.*
- b. *Aptitud para identificar los elementos y sistemas constructivos, definir su función y compatibilidad y su puesta en obra en el proceso constructivo. Plantear y resolver detalles constructivos.*
- c. *Conocimiento de los procedimientos específicos de control de la ejecución material de la obra de edificación.*
- d. *Capacidad para dictaminar sobre las causas y manifestaciones de las lesiones de los edificios, proponer soluciones para evitar o subsanar las patologías, y analizar el ciclo de vida útil de los elementos y sistemas constructivos.*
- e. *Capacidad para aplicar la normativa técnica al proceso de la edificación, y generar documentos de especificación técnica de los procedimientos y métodos constructivos de edificios.*
- f. *Aptitud para aplicar la normativa específica sobre instalaciones al proceso de la edificación.*
- g. *Aptitud para analizar, diseñar y ejecutar soluciones que faciliten la accesibilidad universal en los edificios y su entorno.*

14. ESCUELA ARQUITECTURA TÉCNICA DE LA CORUÑA

- a. SIN DATOS PÚBLICOS

15. ESCUELA ARQUITECTURA TÉCNICA LA LAGUNA

- a. SIN DATOS PÚBLICOS

16. ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LLEIDA

- a. Presentación y defensa delante de un tribunal universitario de un proyecto de fin de grado, que consiste en un ejercicio de integración de los contenidos formativos y las competencias adquiridas.

17. ESCUELA UNIVERSITARIA ARQUITECTURA TÉCNICA UNIVERSIDAD CATOLICA DE SAN ANTONIO, MURCIA

- a. Los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.

- b. Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- c. Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- d. Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- e. Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- f. Aptitud para la comunicación escrita y oral, así como para el análisis, organización, planificación y síntesis que proporcione en el razonamiento crítico.
- g. Conocimiento de: inglés, como intercambio global de información.
- h. Capacidad para: manejar herramientas informáticas que permitan la gestión de datos, resolución de problemas y ayuden a la toma de decisiones.
- i. Aptitud para: el trabajo en equipo, interdisciplinar, que conjuge habilidades interpersonales manteniendo el respeto a la diversidad, como la convivencia con otras culturas.
- j. Capacidad para: promover la igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres, la accesibilidad a personas con discapacidad y valores fundamentales como la cultura de la paz, criterios democráticos y derechos universales.
- k. Capacidad para: adquirir criterios de formación continua, adaptabilidad a las transformaciones sociales, motivación por la calidad desde la creatividad.
- l. Compatibilizar las exigencias medioambientales con las condiciones de desarrollo.
- m. Preparación para el desarrollo de un TFG original.
- n. Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un Trabajo Fin de Grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.

18. ESC. POLITÉCNICA SUPERIOR ILLES BALEARS, PALMA DE MALLORCA

- a. Conocimiento de informática en el ámbito de estudios, capacidad de análisis y síntesis.
- b. Aptitud para la gestión de la información, razonamiento crítico.
- c. Capacidad para utilizar el tiempo de forma efectiva y motivación para la calidad.
- d. Aprendizaje autónomo.
- e. Capacidad para aplicar la normativa técnica al proceso de la edificación, y generar documentos de especificación técnica de los procedimientos y métodos constructivos de edificios.
- f. Aptitud para analizar, diseñar y ejecutar soluciones que faciliten la accesibilidad universal en los edificios y su entorno.
- g. Capacidad para aplicar las herramientas avanzadas necesarias para la resolución de las partes que comporta el proyecto técnico y su gestión.
- h. Aptitud para redactar proyectos técnicos de obras y construcciones, que no requieran proyecto arquitectónico, así como proyectos de demolición y decoración.
- i. Aptitud para redactar documentos que forman parte de proyectos de ejecución elaborados en forma multidisciplinar.
- j. Conocimiento de las funciones y responsabilidades de los agentes que intervienen en la edificación y de su organización profesional o empresarial. Los procedimientos administrativos, de gestión y tramitación.
- k. Capacidad para la presentación y defensa ante un tribunal universitario un proyecto fin de grado consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.

19. E.U. ARQUITECTURA TÉCNICA DE NAVARRA

- a. EN EXTINCIÓN

20. E.T.S INGENIERIA DE EDIFICACIÓN SEVILLA

- a. Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.

21. E.T.S. ING. EDIFICACIÓN DE VALENCIA

- a. Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.

22. E.P.S DE VALLADOLID

- a. Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.

23. E.S. ARQUITECTURA Y TEC. UNIV. CAMILO JOSE CELA MADRID

- a. SIN DATOS PÚBLICOS

24. E.P.S. DE VILLAUEVA DE LA CAÑADA MADRID

- a. Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.

25. E.S.DE ARTE Y ARQUITECTURA ESAYA MADRID

- a. SIN DATOS PÚBLICOS

26. E.P.S. DE ZAMORA

- a. Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas

27. ESC. SUPERIOR ING. Y ARQUITECTURA UPSAM UNIV. PONTIFICIA DE SALAMANCA

- a. EN EXTINCIÓN

28. ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR UNIVERSIDAD ANTONIO NEBRIJA MADRID

- a. EN EXTINCIÓN

29. ESC. POLITÉCNICA SUPERIOR BOADILLA DEL MONTE UNIV. SAN PABLO CEU

- a. EN EXTINCIÓN

30. ESCUELA SUPERIOR DE DISEÑO E INGENIERÍA ELISAVA

- a. EN EXTINCIÓN

Del análisis de las competencias específicas que aparecen en la documentación pública de las diferentes universidades, se puede concluir:

- Nuevamente existe una enorme disparidad entre el número de competencias enumeradas entre las diferentes universidades.
- Ninguna escuela las clasifica o diferencia según sean de conocimientos disciplinares (saber, todo lo que el egresado debe poseer para el correcto desempeño del perfil profesional), o profesionales (saber hacer, destrezas que permiten al egresado realizar tareas).
- De las universidades que se han obtenido datos:
 - El 64 % enumera competencias relacionadas con **capacidad de presentación y defensa de un trabajo.**

- El 23% enumera competencias que identifican capacidad para **elaborar documentación relativa a un proyecto de Edificación.**
- El 35% Enumera competencias relacionadas con **aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.**

De este proceso de investigación queda claro la gran heterogeneidad existente en la definición de competencias por parte de los centros, siendo necesario recordar que se está hablando tan solo de una materia: el PFG. Desde este punto de vista parece ser necesario una actividad de reflexión por parte de los centros: A partir de la aplicación de Bolonia, la sensación es que no hubo un proceso de filtraje y priorización a la hora de definir competencias en las materias de los grados. Si para cada competencia, se le asignan actividades de aprendizaje y sus correspondientes rúbricas, sería fácil descubrir que la actual propuesta es insostenible y potencialmente es necesario realizar un estudio que determine de forma más reducida las habilidades y competencias necesarias.

El tercer elemento vertebrador de la actividad del PFG es la definición de los objetivos de aprendizaje del mismo, aspectos que justamente se tendrían que evaluar y conformar de manera ponderada la nota final del PFG. Los **objetivos de aprendizaje** definidos por los centros son:

1. E.P.S. DE ALICANTE

- a. Sintetizar e integrar las competencias adquiridas en los estudios del Grado en Arquitectura Técnica.

2. E.T.S. ARQUITECTURA LA SALLE BARCELONA

- a. Dirigir la ejecución material de las obras de edificación, de sus instalaciones y elementos, llevando a cabo el control cualitativo y cuantitativo de lo construido mediante el establecimiento y gestión de los planes de control de materiales, sistemas y ejecución de obra, elaborando los correspondientes registros para su incorporación al Libro del Edificio. Llevar el control económico de la obra elaborando las certificaciones y la liquidación de la obra ejecutada.
- b. Redactar estudios y planes de seguridad y salud laboral y coordinar la actividad de las empresas en materia de seguridad y salud laboral en obras de construcción, tanto en fase de proyecto como de ejecución.
- c. Llevar a cabo actividades técnicas de cálculo, mediciones, valoraciones, tasaciones y estudios de viabilidad económica; realizar peritaciones, inspecciones, análisis de patología y otros análogos y redactar los informes, dictámenes y documentos técnicos correspondientes; efectuar levantamientos de planos en solares y edificios.
- d. Elaborar los proyectos técnicos y desempeñar la dirección de obras de edificación en el ámbito de su habilitación legal.
- e. Gestionar las nuevas tecnologías edificatorias y participar en los procesos de gestión de la calidad en la edificación; realizar análisis, evaluaciones y certificaciones de eficiencia energética, así como estudios de sostenibilidad en los edificios.
- f. Dirigir y gestionar el uso, conservación y mantenimiento de los edificios, redactando los documentos técnicos necesarios. Elaborar estudios del ciclo de vida útil de los materiales, sistemas constructivos y edificios. Gestionar el tratamiento de los residuos de demolición y de la construcción.

- g. Asesorar técnicamente en los procesos de fabricación de materiales y elementos utilizados en la construcción de edificios.
- h. Gestionar el proceso inmobiliario en su conjunto. Ostentar la representación técnica de las empresas constructoras en las obras de edificación.

3. E.P.S. EDIFICACIÓN DE BARCELONA

- a. *SIN DATOS*

4. E.P.S. DE BURGOS

- a. Aptitud para la realización, presentación y defensa ante un tribunal universitario de un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas, en un proyecto de edificación y su gestión, o un trabajo relacionado con la investigación en una de las líneas establecidas por los Departamentos, mediante intercambio con otros centros universitarios en el marco de las relaciones nacionales e internacionales.

5. E.U. POLITÉCNICA DE CÁCERES

- a. *SIN DATOS PÚBLICOS*

6. ESC. DE ARQUITECTURA E ING. EDIFICACIÓN U.P. DE CARTAGENA

- a. Elaboración de un Proyecto Fin de Grado consistente en la integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.
- b. Presentación y defensa del Proyecto ante un tribunal universitario.
- c. Evidencia de adquisición de competencias.

7. E.T.S. ARQUITECTURA TÉCNICA DE CASTELLÓN DE LA PLANA

- a. *SIN DATOS PÚBLICOS*

8. ESCUELA POLITÉCNICA DE CUENCA

- a. La finalidad del PFG es poner en práctica todos los conocimientos adquiridos a lo largo de los estudios, pretendiendo con ello que el Estudiante alcance altos niveles de perfeccionamiento en las distintas disciplinas.
- b. El objetivo final será, por tanto, la evaluación del grado de formación y madurez académica y profesional del futuro Ingeniero de Edificación, así como completar la capacidad técnica y profesional indispensable para el ejercicio eficaz de la profesión.
- c. Integración y síntesis de los contenidos formativos recibidos.
- d. Capacidad de desarrollar las competencias profesionales asociadas a la profesión de Arquitecto Técnico.
- e. Alcanzar el grado de madurez académica y profesional del futuro Ingeniero de Edificación, así como la capacidad técnica y profesional indispensable para el ejercicio eficaz de la profesión.

9. E.P.S. GIRONA

- a. Realización de un trabajo que aplique, integre y desarrolle los conocimientos, las capacidades i las habilidades requeridas en el enseñamiento correspondiente.

10. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR EDIFICACIÓN DE GRANADA

- a. Aplicación de los conocimientos adquiridos, de las experiencias acumuladas, y de las habilidades personales par a la solución de problemas reales dentro del ámbito de titulación.

11. ESCUELA ARQUITECTURA ALCALÁ DE HENARES, GUADALAJARA

- a. Integrar capacidades adquiridas por el alumno a través de los contenidos formativos recibidos en las materias básicas y obligatorias e incrementar las habilidades para facilitar sus estudios posteriores o afrontar la actividad profesional.

12. E.U.P. DE DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN

- a. Conocimiento de los materiales y sistemas constructivos tradicionales o prefabricados empleados en la edificación, sus variedades y las características físicas y mecánicas de los mismos.

- b. Capacidad para adecuar los materiales de construcción a la tipología y uso del edificio, gestionar y dirigir la recepción y el control de calidad de los materiales, su puesta en obra, el control de ejecución de las unidades de obra y la realización de ensayos y pruebas finales.
- c. Conocimiento de la evolución histórica de las técnicas y elementos constructivos y los sistemas estructurales que han dado origen a las formas estilísticas.
- d. Aptitud para identificar los elementos y sistemas constructivos, definir su función y compatibilidad, su puesta en obra en el proceso constructivo. Plantear y resolver detalles constructivos.
- e. Conocimiento de los procedimientos específicos de control de la ejecución material de la obra de edificación.
- f. Capacidad para dictaminar sobre las causas y manifestaciones de las lesiones en los edificios, proponer soluciones para evitar o subsanar las patologías, y analizar el ciclo de vida útil de los elementos y sistemas constructivos.
- g. Aptitud para intervenir en la rehabilitación de edificios y en la restauración y conservación del patrimonio construido.
- h. Conocimiento de la evaluación del impacto medioambiental de los procesos de edificación y demolición, de la sostenibilidad en la edificación, y de los procedimientos y técnicas para evaluar la eficiencia energética de los edificios.
- i. Capacidad para aplicar la normativa técnica al proceso de la edificación, y generar documentos de especificación técnica de los procedimientos y métodos constructivos de edificios.
- j. Capacidad para programar y organizar los procesos constructivos, los equipos de obra, y los medios técnicos y humanos para su ejecución y mantenimiento.
- k. Capacidad para la gestión del control de calidad en las obras, la redacción, aplicación, implantación y actualización de manuales y planes de calidad, realización de auditorías de gestión de la calidad en las empresas, así como para la elaboración del libro del edificio.
- l. Capacidad para confeccionar y calcular precios básicos, auxiliares, unitarios y descompuestos de las unidades de obra; analizar y controlar los costes durante el proceso constructivo; elaborar presupuestos.
- m. Aptitud para redactar proyectos técnicos de obras y construcciones, que no requieran proyecto arquitectónico, así como proyectos de demolición y decoración.
- n. Capacidad de análisis de proyectos de ejecución y su traslación a la ejecución de obra.
- o. Capacidad para aplicar las herramientas avanzadas necesarias para la resolución de las partes que comporta el proyecto técnico y su gestión.
- p. Actitud para redactar documentos que forman parte de proyectos de ejecución elaborados en forma multidisciplinar.
- q. Conocimiento de las funciones y responsabilidades de los agentes que intervienen en la edificación y de su organización profesional. Los procedimientos administrativos, de gestión y tramitación.
- r. Conocimiento de la organización profesional y las tramitaciones básicas en el campo de la edificación y la promoción.

13. ESCUELA POLITÉCNICA DE ZARAGOZA

- a. Que el alumno conozca el ámbito y circunstancias en el que va desarrollar el ejercicio de su profesión y la normativa que lo regula.
- b. En base a las competencias adquiridas durante toda la carrera, sea capaz de diseñar, desarrollar y ejecutar sistemas y procesos, del todo o de partes del hecho constructivo dentro del ámbito de la edificación.

14. ESCUELA ARQUITECTURA TÉCNICA DE LA CORUÑA

- a. Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.

15. ESCUELA ARQUITECTURA TÉCNICA LA LAGUNA

- a. El estudiante en el escenario del estudio/análisis/proyecto de la propuesta de PFG asignada, para superar esta asignatura, deberá ser capaz de: Buscar y clasificar la información necesaria para la elaboración del PFG.
- b. Elaborar el documento técnico correspondiente.
- c. Realizar el análisis comparado y justificado de un asunto concreto (Monográfico) que se asigne.
- d. Presentar y defender en público, ante el tribunal de la asignatura, el PFG.
- e. Además, el estudiante de forma transversal, para superar esta asignatura, deberá ser capaz de:
 - i. Aprender autónomamente.
 - ii. Tomar decisiones.

- iii. Generar nuevas ideas.
- iv. Aplicar conocimientos a la práctica.
- v. Tener autocrítica y crítica interpersonal.
- vi. Trabajar en equipo.
- vii. Adaptarse a nuevas situaciones.
- viii. Actualizar conocimientos.
- ix. Comunicarse con expertos de otras áreas.
- x. Trabajar en equipos interdisciplinarios.
- xi. Dirigir un grupo.
- xii. Desarrollar habilidades interpersonales.
- xiii. Tener razonamiento crítico.
- xiv. Análisis y de síntesis.
- xv. Resolver problemas.

16. ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LLEIDA

- a. El TFG es obligatorio y tiene una carga lectiva de 15 ECTS, debe cursarse durante el último año i debe ser un trabajo autónomo e individual, que cada alumno realiza bajo la supervisión de un tutor, que actúa como dinamizador y facilitador del proceso de aprendizaje.
- b. El TFG permite al estudiante mostrar de forma integrada los contenidos formativos recibidos las competencias adquiridas asociadas al título de Grado en Arquitectura.

17. ESCUELA UNIVERSITARIA ARQUITECTURA TÉCNICA UNIVERSIDAD CATOLICA DE SAN ANTONIO, MURCIA

- a. Conocer los diversos tipos y formas de elaboración de un TFG.
- b. Conocer el contenido mínimo y los procedimientos básicos de un TFG.
- c. Saber estructurar el contenido de un TFG.
- d. Saber elegir, expresar correctamente y acotar el título para desarrollar un tema concreto.
- e. Saber citar la bibliografía en un TFG.
- f. Saber buscar información sobre un tema concreto.
- g. Saber redactar un texto coherente, con una exposición clara en un español correcto, teniendo en cuenta los aspectos formales y de expresión.
- h. Saber exponer y transmitir públicamente de una forma resumida y amena el contenido del trabajo realizado
- i. Saber planificar y estructurar un TFG.

18. ESC. POLITÉCNICA SUPERIOR ILLES BALEARS, PALMA DE MALLORCA

- a. La realización de un trabajo dirigido que aplique e integre conocimientos, destrezas y actitudes adquiridas al largo de la titulación, y que permita la evaluación de la capacidad profesional y el grado de formación científico tecnológica del alumno de acuerdo con el que prevé el plan de estudios.
- b. La generación de documentos de especificación técnica de los procedimientos y métodos constructivos de edificios aplicando de acuerdo con la normativa técnica del proceso de la edificación.
- c. El análisis, diseño y ejecución de soluciones que faciliten la accesibilidad universal en los edificios y su entorno.
- d. La resolución de las partes que comporta el proyecto técnico y su gestión con la aplicación de herramientas avanzadas.
- e. La capacidad de redacción de proyectos técnicos de obras y construcciones, que no requieran proyecto arquitectónico, así como proyectos de demolición y decoración.
- f. Saber redactar documentos que forman parte de proyectos de ejecución elaborados en forma multidisciplinar.
- g. Conocer las funciones y responsabilidades de los agentes que intervienen en la edificación y de su organización profesional o empresarial. Los procedimientos administrativos, de gestión y tramitación.
- h. La presentación y defensa ante un tribunal universitario un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.

19. E.U. ARQUITECTURA TÉCNICA DE NAVARRA

- a. *EN EXTINCIÓN*

20. E.T.S INGENIERIA DE EDIFICACIÓN SEVILLA

- a. El objetivo es formar al alumno en el desarrollo de su capacidad de análisis en la transversalidad de las materias del grado a fin de poder desarrollar un proyecto técnico dentro del marco de las atribuciones de ingeniero de edificación.

21. E.T.S. ING. EDIFICACIÓN DE VALENCIA

- a. Preparar al alumno para su inmediata incorporación a la actividad profesional en el ámbito de su competencia.
- b. Potenciar, ampliar y poner en práctica los conocimientos teóricos-prácticos adquiridos en el transcurso de la carrera.
- c. Ofrecer una tecnología actualizada en la elaboración del Proyecto final de Carrera, garantizando un producto acorde con el nivel del trabajo realizado por el alumno.
- d. Potenciar en el individuo la capacidad de síntesis y de compendio de conocimientos y métodos, plasmándolo en la redacción de su propio trabajo, que a su vez repercute en una capacidad adecuada en la exposición del proceso y de estrategia en la toma de decisiones desde el punto de vista profesional.

22. E.P.S DE VALLADOLID

- a. El alumno conocerá, comprenderá y aplicará los contenidos desarrollados a lo largo de la titulación, de forma coordinada, en un trabajo de carácter técnico.

23. E.S. ARQUITECTURA Y TEC. UNIV. CAMILO JOSE CELA MADRID

- a. *SIN DATOS PÚBLICOS*

24. E.P.S. DE VILLANUEVA DE LA CAÑADA MADRID

- a. El resultado del trabajo del estudiante en esta asignatura consistirá en la presentación de un Proyecto Fin de Grado.
- b. El Proyecto presentado por el estudiante deberá ser defendido por el propio estudiante ante tribunal académico formado por los profesores designados afines a la Titulación.
- c. Para facilitar a los estudiantes el desarrollo de los trabajos fin de grado en sus aspectos metodológicos, de documentación y de comunicación, los estudiantes dispondrán de espacios de trabajo adecuados para su desarrollo.
- d. Incluso si el trabajo de fin de grado se llevara a cabo en dependencias ajenas a la Universidad, este deberá realizarse bajo la adecuada tutela del profesorado responsable adscrito a la titulación de Grado en Edificación.

25. E.S.DE ARTE Y ARQUITECTURA ESAYA MADRID

- a. *SIN DATOS PÚBLICOS*

26. E.P.S. DE ZAMORA

- a. Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un Proyecto Fin de Grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.

27. ESC. SUPERIOR ING. Y ARQUITECTURA UPSAM UNIV. PONTIFICIA DE SALAMANCA

- a. *EN EXTINCIÓN*

28. ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR UNIVERSIDAD ANTONIO NEBRIJA MADRID

- a. *EN EXTINCIÓN*

29. ESC. POLITÉCNICA SUPERIOR BOADILLA DEL MONTE UNIV. SAN PABLO CEU

- a. *EN EXTINCIÓN*

30. ESCUELA SUPERIOR DE DISEÑO E INGENIERÍA ELISAVA

- a. *EN EXTINCIÓN*

Al igual que para el análisis de las competencias, y en base a las universidades de las cuales se han obtenido datos de forma pública, se encuentra una definición de objetivos de aprendizaje más uniforme, tanto en la tendencia de acotar y reducir el número (en un 45 % solamente especifican un objetivo), como en las características del mismo. Existe una casi total coincidencia en que el objetivo de aprendizaje debe ser la **aptitud para la realización, presentación y defensa de un trabajo que integre los contenidos formativos recibidos a lo largo del grado.**

Al respecto, **el 95 % de las escuelas tienen uno o varios objetivos cuyo contenido acaba siendo la compilación de conocimientos globales del grado.** Este sin duda es un factor fundamental, puesto que aun tratándose de una asignatura más del grado (el promedio de créditos es de un 5 % del total), se trata de una asignatura que “debería recopilar la totalidad de los conocimientos adquiridos en el grado”.

Por dicho motivo, **se abre la puerta a formular el estudio del PFG como asignatura representativa del grado y, por lo tanto, utilizarla para los análisis estadísticos desarrollados en los artículos que configuran la presente tesis.**

Finalmente, se analizaron una serie de indicadores que caracterizan el PFG en cada escuela:

- Créditos.
- Duración.
- ¿Quién hace la propuesta de PFG, el alumno, la universidad?
- EL PFG es individual o se puede realizar en grupo.
- Tipo de tribunal.
- Tipo de presentación (duración, valoración, otros aspectos).

Con los datos obtenidos, se ha realizado una representación gráfica de los principales indicadores.

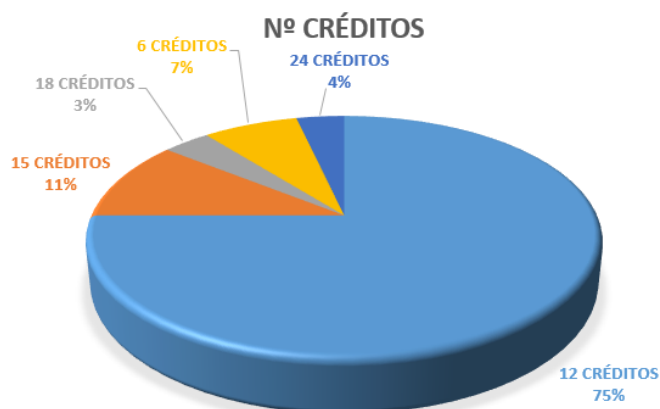


Ilustración 2.- Número de créditos del PFG en los centros estudiados.

En la Ilustración 2, se observa como mayoritariamente el PFG está establecido como una actividad de 12 créditos ECTS. Por encima de este creditaje podemos encontrar hasta un 18% de los centros, pudiendo llegar a un total de 24 créditos. Solo el 7% de los centros tienen asignada una dedicación menor, de tan solo 6 créditos. Este creditaje está distribuido mayoritariamente en un semestre natural o cuatrimestre académico, como se observa de la Ilustración 3:

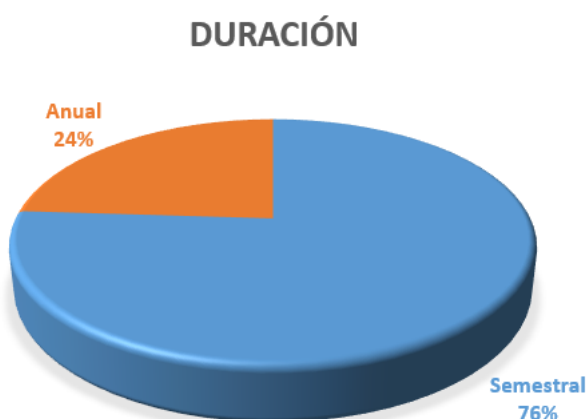


Ilustración 3.- Duración prevista del PFG según el Plan de Estudios de cada centro.

En base a estos primeros resultados, se puede caracterizar el PFG de forma dominante, como una actividad de 12 créditos a realizar a lo largo de un semestre académico, duración y dedicación que según el modelo Bolonia se podría asimilar a una media jornada de trabajo.

REALIZACIÓN INDIV. VS. EN GRUPO

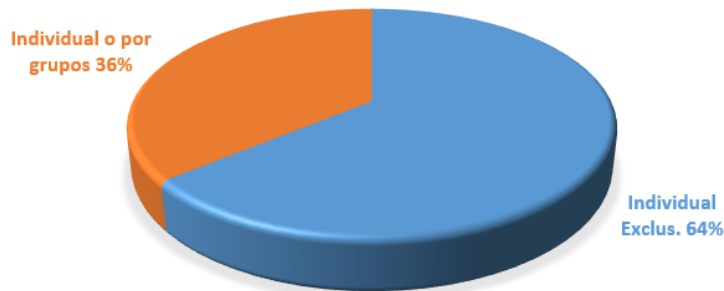


Ilustración 4.- Posibilidad de realizar el PFG en grupo o individual por centros.

La Ilustración 4 muestra como mayoritariamente el PFG está diseñado para su realización individual, y sólo un tercio de los centros dan la opción de poderlo realizar de forma grupal. Adicionalmente se observa como la propuesta de PFG suele venir dada por la universidad y sólo menos de un tercio es propuesta del alumno (ver Ilustración 5).

¿QUIÉN HACE LA PROPUESTA?

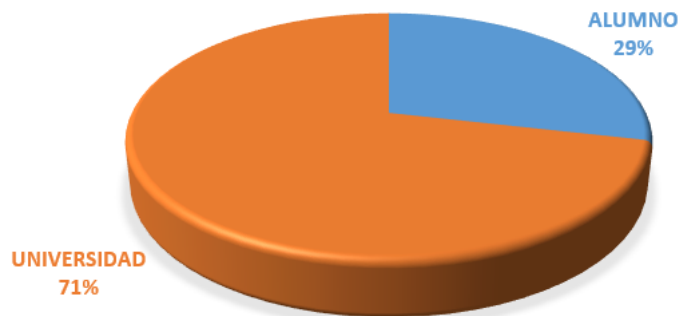


Ilustración 5.- Identificación de quién hace la propuesta del PFG por centros.

Focalizando el acto de defensa del PFG, la Ilustración 6 muestra cuál es la distribución del tribunal. Mayoritariamente está formado por tres personas, pero sigue habiendo un porcentaje significativo (31%), formado por 5 y hasta 6 personas. Este dato es relevante ya que, a mayor número de miembros, potencialmente el promedio de la nota se puede ver afectado al aumentar la disparidad de criterios. Un tribunal 3 o menos personas, debe responder a un perfil mucho más genérico, mientras que un tribunal de más de 3, permite perfiles más específicos que aunque puedan alterar el promedio, quedarían compensados por la globalidad del tribunal.

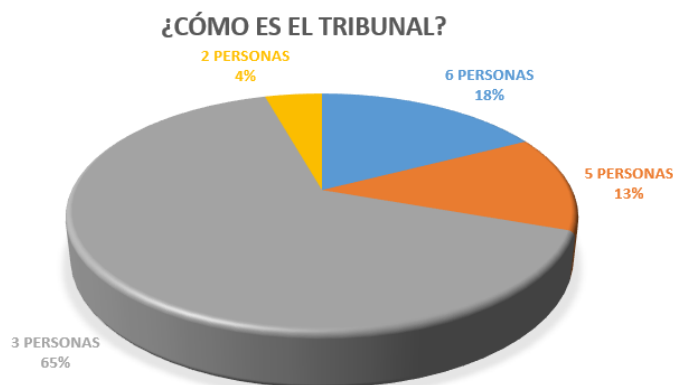


Ilustración 6.- Número de personas que conforman el tribunal del PFG por centros.

En cuanto al tiempo de la defensa (Ilustración 7), se observa una gran variabilidad entre los centros de los cuales se han obtenido datos. En cuanto a este dato, se puede asumir que un mayor tiempo de exposición permite una mejor explicación y contextualización del proyecto, siempre y cuando este tiempo no sea excesivo y genere fatiga en el tribunal.

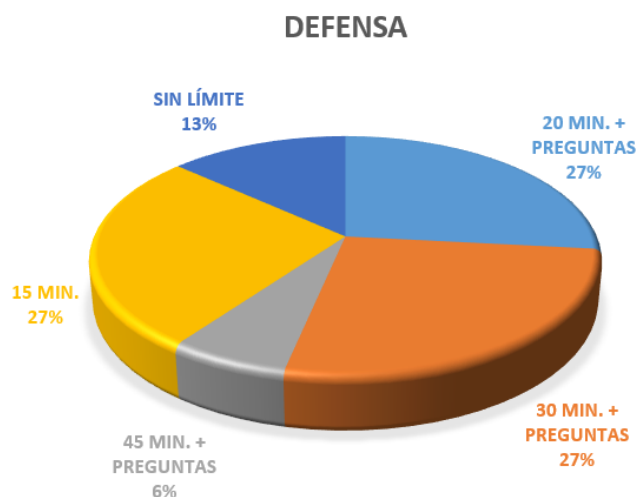


Ilustración 7.- Tiempo disponible para la defensa por parte del alumno del PFG.

Finalmente, y como dato más revelador del estudio, se encuentra el sistema de evaluación del PFG. Técnicamente esta actividad se debe regir en base a las actividades de aprendizaje definidas en los planes de estudio particulares y funcionar en base a una rúbrica que certifique la consecución de las habilidades y competencias descritas para la asignatura. No obstante y de forma general, el PFG queda ponderado a partir de dos grandes bloques: el trabajo realizado y su presentación (Ilustración 8).

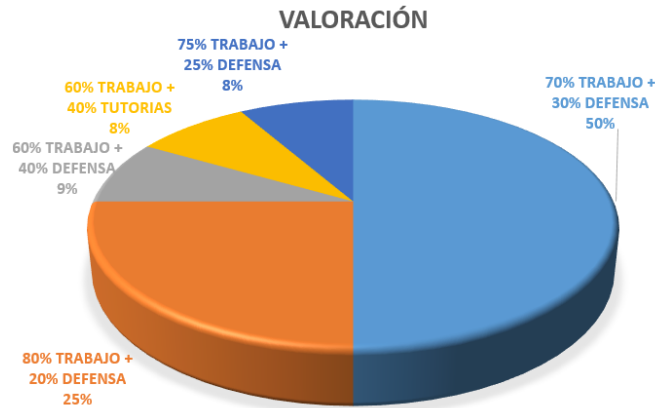


Ilustración 8.- Sistema evaluativo del PFG por centros.

Esta caracterización de la situación del PFG a nivel estatal, abre la puerta al proceso analítico que en la presente tesis se expone:

- Es necesario focalizar las competencias, tanto específicas como genéricas, que un alumno de PFG debe obtener para su incorporación laboral.
- Es necesario identificar las principales actividades que describen el PFG y analizar su ponderación, con el objetivo de vincularlas a las competencias profesionales descritas.
- Dicho proceso, puede ser replicable y adaptable según el entorno de aplicación, y las necesidades del mismo, de forma que debe ser descrito explícita y concreta.

3.3.3 El PFG en La Salle

Desde un punto de vista personal, estamos absolutamente convencidos (en base al análisis de los datos aportados en el Apartado 3.3.2.) que si se preguntase a los responsables de la asignatura de PFG de las diferentes escuelas de España que identificasen cuáles, bajo su punto de vista, son las competencias propias de la asignatura del PFG, contestarían: TODAS. Aunque, también con toda probabilidad, después de un periodo de reflexión contestarían: CASI TODAS.

En base a estas premisas, no carentes de un cierto grado de subjetividad, desde el primer momento en que se tuvo que diseñar la asignatura del PFG en La Salle, el objetivo primordial fue constatar que una vez finalizado y completado el programa de asignaturas que componen el grado de Arquitectura Técnica el alumno tiene los conocimientos suficientes para aceptar el reto de formalizar un

trabajo profesional donde se apliquen todos los aspectos técnicos desarrollados. En este sentido, el alumno debe estar preparado para controlar y solucionar problemas técnico-económicos, representarlos gráficamente, calcularlos, acotarlos, valorarlos y obtener unas conclusiones al respecto de las propuestas realizadas.

En conclusión, en este primer momento quedaba claro que el objetivo fundamental del PFG se centraba en la transformación de todos los conocimientos técnicos adquiridos en un proyecto ejecutable según el actual desarrollo de la profesión, siendo especialmente importante el proceso de ordenación de la información obtenida durante los estudios que permita transformarla en una decisión final. En este sentido, la asignatura del PFG de La Salle se planteó mediante **ocho objetivos de aprendizaje**:

1. Dirigir la ejecución material de las obras de edificación, de sus instalaciones y elementos, llevando a cabo el control cualitativo y cuantitativo de la construcción y gestión de planes de control de materiales, sistemas y ejecución de obra, elaborando los correspondientes registros para su incorporación en el libro del edificio. Llevar el control de la obra realizando las certificaciones y la liquidación de la obra.
2. Redactar estudios y planes de seguridad y salud laboral y coordinar la actividad de las empresas en materia de seguridad y salud laboral en obras de construcción, tanto en fase de proyecto como de ejecución.
3. Llevar a cabo actividades técnicas de cálculo, mediciones, valoraciones y tasaciones y estudios de viabilidad económica; realizar peritajes, inspecciones, análisis de patologías y otros análogos y redactar los informes, dictámenes y los documentos técnicos correspondientes; efectuar el levantamiento de planos en solares y edificios.
4. Elaborar los proyectos técnicos y ejercer la dirección de obras de edificación en el ámbito de su habilitación legal.
5. Gestionar las nuevas tecnologías edificatorias y participar en los procesos de gestión de la calidad en la edificación, realizar análisis, evaluaciones y certificaciones energéticas, así como los estudios de sostenibilidad en los edificios.

6. Dirigir y gestionar el uso, conservación y mantenimiento de los edificios, redactando los documentos básicos técnicos necesarios. Elaborar estudios del ciclo de vida de los materiales, sistemas constructivos y de los edificios. Gestionar el tratamiento de los residuos en la demolición y construcción de los edificios.
7. Asesorar técnicamente en los procesos de fabricación de los materiales y elementos utilizados en la construcción de edificios.
8. Gestionar el proceso inmobiliario en todo su conjunto. Realizar la representación técnica de las empresas constructoras en las obras de edificación.

Por otro lado, el PFG queda definido a partir de una propuesta del alumno que deberá ser aprobada por el coordinador del seminario de PFG. Esta propuesta se articula mediante la presentación de una memoria del trabajo y un guion del mismo con todos los apartados que se quieren desarrollar, así como el objetivo, la calidad del trabajo prevista, y la documentación necesaria para su comprensión (fotos, planos ...). Básicamente, el PFG se estructura mediante el planteamiento de un problema sobre el que se trabaja una de las posibles soluciones. Esta hipótesis se desarrolla suficientemente teniendo en cuenta aspectos técnicos, legales y económicos, se acota haciendo mediciones, se valora económicamente, se regula técnicamente mediante el pliego de condiciones y convenientemente estructurado da paso a unas conclusiones.

Unos de los puntos iniciales del PFG se basa en el análisis de todos los datos y la información obtenida previamente del proyecto seleccionado. A partir de dicha información hay que establecer un método de búsqueda e investigación de nuevos sistemas, así como explotar los recursos disponibles por la Facultad y otras instituciones (como podría ser el Colegio) para obtener la información necesaria que permita desarrollar la propuesta al estudiante de acuerdo con la metodología actual del trabajo profesional. El PFG se complementa con ejercicios propios de la profesión como, por ejemplo:

- La ejecución de un estudio de seguridad y salud.
- La confección de un programa de control de calidad.
- La aplicación e investigación de/en nuevas tecnologías.
- La planificación de los trabajos.
- La realización de un plan de mantenimiento.

En resumen, los contenidos principales del PFG deben cumplir los siguientes puntos:

1. Estudio del proyecto (original o nuevo).
2. Análisis de contenidos y descripción del objetivo fundamental.
3. Organización, estructuración y planificación del trabajo.
4. Desarrollo gráfico de la propuesta.
5. Análisis, medición y valoración de la propuesta.
6. Acotación técnico-legal mediante un pliego de condiciones.
7. Desarrollo de un estudio de seguridad y salud.
8. Desarrollo de un programa de control de calidad.
9. Desarrollo de un plan de mantenimiento.
10. Análisis de criterios de sostenibilidad y medioambiente utilizados en la propuesta.
11. Ordenación de la información aglutinada.
12. Exposición coherente del problema, de los medios, los objetivos y las conclusiones.

A partir de la entrada en vigor del CTE (curso 2005-2006), y coincidiendo con la implementación del nuevo plan de estudios (Plan Bolonia), se introducen parámetros reguladores que permiten la mejor ordenación de la asignatura y estructuran de forma global el PFG. Al final del presente apartado analizaremos la incidencia y la relación directa del contenido del PFG y el alcance de las competencias genéricas que Bolonia propone.

El desarrollo global o parcial de un proyecto ejecutivo se establece como la mejor herramienta para la traslación académica del proceso constructivo a un ejercicio teórico. De la misma manera se incide, fundamentalmente en el adjetivo “ejecutivo“, mucho más que en el concepto proyecto. La idea es que construir virtualmente es proyectar.

También es un momento de inflexión y de reflexión dentro del equipo directivo de la escuela, a la cual se le presenta por parte del responsable de la asignatura, un informe que en resumen enumera las variables más importantes consolidadas en los últimos años. Así mismo el informe abordaba algunos puntos importantes de cara al desarrollo de la asignatura en el futuro:

- Número de alumnos por curso: Incidencia directa en cuanto al grado de seguimiento personalizado de los alumnos. En este apartado se han podido constatar diferencias entre los alumnos autosuficientes y aquellos que necesitan de un seguimiento y de una presión constante para desarrollar el PFG.
- Mejora en la calidad de los trabajos: De la calidad observada de los trabajos presentados se desprende una evolución positiva en el nivel de aprendizaje de los alumnos. Actualmente, un PFG de 2002 no sería apto.
- Mayor dispersión en el objetivo final del alumno: Con el mayor número de alumnos (2005-2006), también queda constatado, que para muchos de ellos la carrera de Arquitectura Técnica es secundaria. Este aspecto queda reflejado con la dedicación y la calidad de los trabajos, que puntualmente desciende.

Para paliar, evitar y/o reducir las problemáticas indicadas, se proponen al centro las siguientes acciones:

- Mantener la asignatura como reflejo de la vida profesional. De esta forma se busca mantener y aumentar en la medida de lo posible el entusiasmo por la profesión.
- Mejorar el PFG como termómetro de calidad de La Salle. Siendo el PFG la última actividad para formarse como Arquitecto Técnico que el alumno realiza en la Facultad, ha de servir para tomar consciencia al Plan de Estudios y los conocimientos adquiridos con el mismo.
- Mejorar las condiciones para que el PFG sea objetivo prioritario del alumno. Es importante establecer medidas de control para condicionar el acceso al PFG y que este acceso no se vea relegado por otros objetivos personales del alumno.
- Acotar el PFG en el tiempo. Premiar y/o penalizar las duraciones adecuadas y/o anómalas del PFG.
- Potenciar un seguimiento personalizado para los alumnos con necesidades especiales (entendiendo como especiales, tanto las discapacidades como las disfunciones más básicas que necesiten de soporte).

- Mejorar el emplazamiento físico del aula. Agrupar las aulas en un espacio que dé pie a la discusión y la dialéctica de razonamientos, permitiendo la participación del máximo posible de alumnos.

A partir de estos procesos, se redefinen los nuevos contenidos para el PFG en base a los siguientes bloques:

- Bloque 1: Memoria del PFG (presentada para su aprobación con formato de dos hojas por cara y a doble cara), conteniendo:
 - Objetivos del trabajo
 - Motivos y aspectos relevantes de la propuesta
 - Guion concreto del trabajo
 - Planificación personal de los trabajos
 - Tipología de obra
 - Datos urbanísticos
 - Plano de situación y emplazamiento
 - Documentación existente
 - Documentación fotográfica
 - Revisión de trabajos previos:
 - Levantamientos topográficos, croquis y memoria del estado actual
 - Auditoría del proyecto básico
 - Estudios geotécnicos
 - Antecedentes históricos de la edificación o el entorno
 - Estudios de viabilidad (social, económica, temporal, de futuro, de uso, de accesos, de espacios, de mantenimiento.)
 - Consultas previas a instituciones urbanísticas y registros.
 - Documentación relativa a ayudas o subvenciones
 - Estudios de lesiones de las edificaciones existentes
 - Trabajos complementarios (monografías)
 - Bibliografía utilizada para el desarrollo del trabajo.
 - Hojas oficiales de seguimiento y control
 - Documentación anexa: siendo aquella que el alumno considere de interés para su trabajo, como por ejemplo catálogos.

- Conclusiones del PFG, siendo la valoración que el alumno hace del trabajo y las clases de preparación.
 - Planificación personal: análisis de diferencias entre la primera y la última planificación.
- Bloque 2: Documentación del PFG según el CTE (este apartado se desarrollará sobre la totalidad del proyecto o un elemento parcial del mismo), ver Tabla 1.
- Bloque 3: En este bloque se desarrollan trabajos complementarios propios de la profesión de Arquitecto Técnico:
 - Cálculo de gastos globales de los trabajos y conclusiones económicas: a nivel de solar, honorario de los técnicos, geotécnico, trabajos previos, licencias, permisos, ejecución material, etc.
 - Estudios de seguridad y prevención.
 - Documentación de propuesta de control de calidad: Con la valoración económica de los trabajos y del Programa de Puntos de Inspección (PPI), según CTE y EHE-08. Ejemplos de aspectos a tener en cuenta: Partidas de hormigón, partidas de acero (armado y laminado), forjados, ladrillos resistentes, aislamientos, protecciones contra el fuego, etc.
 - Plan de usos y mantenimiento.
 - Criterios medioambientales desarrollados en el proyecto más allá de la normativa básica.
 - Planificación temporal de los trabajos con diagramas de actividades y valoración de certificaciones mensuales.

En todos los casos la organización final de los bloques que componen el trabajo de cara a la presentación final del mismo, estarán en función de las características de cada uno de los ejercicios.

MEMORIA	Memoria descriptiva		Promotor Proyectista Otros Técnicos
		Información previa	Antecedentes Emplazamiento Entorno físico Normativa urbanística Otras normativas
		Descripción del proyecto	Descripción general Cumplimiento del CTE y otras normativas Descripción geométrica del edificio Descripción constructiva
	Memoria constructiva		Sustentación del edificio Sistema estructural Sistema envolvente Sistemas de compartimentación Sistemas de acabados Sistemas de instalaciones Equipamientos
	Cumplir el CTE	Seguridad	DB SE - Seguridad estructural DB SE-AE - Acciones en la edificación DB SE-C - Cimientos DB SE-A - Acero DB SE-F - Fabricas DB SE-M - Madera DB SI - Seguridad contra incendios DB SUA - Seguridad de utilización + accesibilidad
		Habitabilidad	DB HS - Salubridad DB HE - Ahorro energético DB HR - Protección delante del ruido
		Funcionalidad	DB en general
	Cumplimiento de otros reglamentos y disposiciones	Legislación estructuras de hormigón	NCSE Norma de construcción sismo-resistente EHE Instrucción de hormigón estructural EFHE Forjados unidireccionales prefabricados
		Habitabilidad	Decreto 141/2012
		Telecomunicaciones	
	Anexos de la memoria		Cálculo de la estructura Protección contra incendios Cálculo de las Instalaciones del edificio Eficiencia energética Gestión de Residuos de obra
PLANOS		Situación y emplazamiento. Estado actual. Urbanización Plantas generales, cubiertas, alzados y secciones. Estructura Instalaciones (esquemas, distribuciones) Detalles constructivos Memorias gráficas (planos finales, detalles) ESS	
PLIEGO DE CONDICIONES	Pliego de cláusulas administrativas o pliego general	Disposiciones generales Disposiciones facultativas Disposiciones económicas	
	Condiciones técnicas, particulares o pliego particular (*)	Prescripciones sobre los materiales Prescripciones sobre la ejecución de unidades de obra Prescripciones sobre verificaciones de obra acabada	
MEDICIONES		Partidas agrupadas por capítulos / listas de mediciones	
PRESUPUESTO		Precios unitarios Precios descompuestos Cálculo de gastos indirectos Listado de presupuesto Resumen de presupuesto	

Tabla 3-1.- Bloque 2 del PFG

Como se indicaba al principio del presente apartado, es voluntad de los responsables de la asignatura verificar la adquisición de determinadas competencias genéricas con el desarrollo de diferentes apartados del trabajo.

Así pues, la realización de una memoria resumen del trabajo que el alumno debe desarrollar o los trabajos previos que se le exigen, están íntimamente ligados con:

- Competencias transversales instrumentales como:
 - Capacidad de análisis y síntesis.
 - Capacidad de organización y planificación resolución de problemas o toma de decisiones.
- Competencias transversales personales como:
 - El razonamiento crítico.
 - Compromiso ético.
- Competencias transversales sistémicas como:
 - La creatividad.
 - Iniciativa.
 - Carácter emprendedor.
 - Conocimiento de otras culturas y costumbres.
 - Motivación por la calidad.
 - Orientación a resultados o al cliente.

A partir del curso 2009-2010 se acotan los trabajos correspondientes al desarrollo proyectual de las estructuras y las instalaciones. Este proceso se realiza con la finalidad de evitar dispersión por parte de los alumnos, así como incidir en la capacidad de toma de decisiones de forma progresiva: del estudio de la globalidad inicial al detalle final.

En esta nueva evolución, el desarrollo de las clases docentes y la metodología académica del PFG se estructura alrededor de:

- Clases expositivas en grupos reducidos en referencia a los temas que se proponen corregir.
- Clases prácticas en el desarrollo de propuestas y racionamientos concretos del proceso constructivo.
- Trabajo tutelado para el desarrollo de los diferentes apartados del trabajo
- Y por último, trabajo individual.

Los PFG de La Salle son, siempre, trabajos individuales, pero desde las tutorías y las clases se proponen a los alumnos desarrollos intelectuales en equipo y se admiten propuestas de optimización de las tareas como resultado de trabajos en equipos. A partir del factor asociado al número de alumnos, al inicio de curso se diseña el claustro de profesores encargados del seguimiento de las clases, estableciéndose las normas reguladoras del funcionamiento de las clases:

- El orden de corrección de las clases quedará establecida con una petición de corrección por correo electrónico:
 - pfg.edificacio@salle.url.edu
 - Día de solicitud: Lunes y/o martes
 - Será imprescindible exponer el motivo de la corrección detalladamente y llevar el *planning* personal actualizado, con los trabajos realizados corregidos y los trabajos pendientes de revisión anterior.
- El inicio de estas clases está estipulado a las 17 horas, formándose al inicio los grupos de trabajo.
- Los alumnos presentarán una ficha donde el coordinador del seminario valorará la evolución del alumno y quedarán reflejadas las consultas hechas a otros profesores de la escuela.
- Los alumnos deben corregir un mínimo de una vez al mes para controlar su evolución en el PFG, esta valoración es motivo para considerar apto o no apto un alumno de cara a la defensa en tribunal.
- En las revisiones el alumno debe llevar la documentación gráfica auxiliar necesaria para realidad la corrección y toda la documentación previa ya corregida.
- Se establece un periodo recomendable para el desarrollo de cada uno de los bloques que configuran el PFG y que facilitan el cumplimiento de los trabajos encomendados (partiendo de la calendarización de un curso académico):
 - Bloque 1: Hasta el 31 de diciembre
 - Bloque 2: Desde enero a abril
 - Bloque 3: Abril y mayo
 - Pasado este periodo, entendemos que el trabajo no es realizable en las condiciones óptimas y esta valoración es motivo de considerar apto o no apto a un alumno

- Durante el curso se realizarán las presentaciones en tribunales de los alumnos que finalizan el grado y están en disposición de defender el PFG. Dichas presentaciones son de obligatoria asistencia al resto de matriculados del PFG.
- El sistema de comunicación Profesor - Alumno será mediante la dirección de correo electrónico establecida en la ficha y a través de la carpeta asignada en la carpeta del eStudy (Moodle de La Salle).

Todas estas normas de conducta, responden a competencias que el mundo profesional exigirá a los futuros egresados y que el plan de estudios de La Salle contempla en las competencias básicas que deben adquirir los alumnos. En dicha línea, hemos podido mostrar que dentro del contenido del trabajo aparece una propuesta de planificación personal del alumno.

Esta planificación suele contener errores al principio de curso, y puede abarcar tanto la duración de actividades como la misma elección de las propias actividades. A medida que el alumno evoluciona su PFG y se incrementa el grado de exigencia del trabajo, se busca que los alumnos sean capaces de afinar el grado de precisión del *planning* de tareas.

De esta forma, el proceso evolutivo nos permite llegar a un punto de inflexión donde, de forma consensuada, se establece la planificación como un elemento “contractual” entre alumno y asignatura.

El sistema de evaluación del PFG de La Salle exige que ninguno de los diferentes apartados tenga una nota inferior a 5 para poder presentar el trabajo y defender ante un tribunal:

- Presentaciones (30% nota global): En base al rigor y calidad de la documentación elaborada por el estudiante.
- Correcciones (30% nota global): Argumentaciones del proyecto, tanto a nivel final como el seguimiento a lo largo del curso. Fase de redacción y asimilación de las recomendaciones de las correcciones del profesorado. Durante las correcciones se tendrán en cuenta y valorarán:
 - Planificación personal de los trabajos.
 - Aplicación de los conocimientos
 - Capacidad de investigación
 - Capacidad de síntesis y objetividad

- Actitud
- Nota del Tribunal (40% nota global): Defensa delante del tribunal del PFG. El tribunal está compuesto por profesores del grado y al menos un invitado externo, ya sea profesor de otra Escuela y/o profesionales de trayectoria reconocida. El tribunal será nombrado por la Dirección del centro y estará formado por un presidente y dos vocales junto con un profesor supervisor que asistirá al tribunal con voz y voto sobre la presentación del alumno.

El proceso de calificación por parte de los profesores y el tutor o ponente queda reflejado en el siguiente cuadro (Ilustración 9), donde también se identifican los objetivos de aprendizaje con los diferentes componentes del trabajo.

GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA Y EDIFICACIÓN					
Asignación porcentual de resultados de Aprendizaje del Proyecto Final de Grado					
ALUMNO:			FECHA:		
TÍTULO PROYECTO:					
RESULTADO APRENDIZAJE (EC_3855_2007)	CONTENIDOS	NOTA DOCUMENTACIÓN PRESENTADA	30%	30%	40%
1	Control de calidad				
	Mediciones				
	Certificaciones				
	Coste Total				
	Planificación				
2	Seguridad y prevención				
3	Calculo de instalaciones				
	Calculo de estructuras				
	Estudio de Lesiones				
	Levantamiento de estado actual				
	Topografía				
4	Proyecto ejecutivo				
5	Pliego de condiciones				
5	Estudio de Eficiencia Energética				
	Investigación de nuevas tecnologías				
	Planificación personal				
6	Plan de uso y mantenimiento				
	Criterios medioambientales				
	Gestión de residuos				
7	Detalles constructivos				
	Monografías				
8	Estudios de viabilidad				
	Ayudas y subvenciones				
	Auditoria de proyecto básico existente				
	Antecedentes históricos				
NOTA FINAL:					

Notas

1. Dirigir la ejecución material de las obras de edificación, de sus instalaciones y elementos, llevando a cabo el control cualitativo y cuantitativo de la construcción y gestión de planes de control de materiales, sistemas y ejecución de obra, elaborando los correspondientes registros para su incorporación en el libro del edificio. Llevar el control de la obra realizando las certificaciones y la liquidación de la obra.
2. Redactar estudios y planes de seguridad y salud laboral y coordinar la actividad de las empresas en materia de seguridad y salud laboral en obras de construcción, tanto en fase de proyecto como de ejecución.
3. Llevar a cabo actividades técnicas de cálculo, mediciones, valoraciones y tasaciones y estudios de viabilidad económica; realizar peritajes, inspecciones, análisis de patologías y otros análogos y redactar los informes, dictámenes y los documentos técnicos correspondientes; efectuar el levantamiento de planos en solares y edificios.
4. Elaborar los proyectos técnicos y ejercer la dirección de obras de edificación en el ámbito de su habilitación legal.
5. Gestionar las nuevas tecnologías edificatorias y participar en los procesos de gestión de la calidad en la edificación; realizar análisis, evaluaciones y certificaciones energéticas, así como los estudios de sostenibilidad en los edificios.
6. Dirigir y gestionar el uso, conservación y mantenimiento de los edificios, redactando los documentos básicos técnicos necesarios. Elaborar estudios del ciclo de vida de los materiales, sistemas constructivos y de los edificios. Gestionar el tratamiento de los residuos en la demolición y construcción de los edificios.
7. Asesorar técnicamente en los procesos de fabricación de los materiales y elementos utilizados en la construcción de edificios.
8. Gestionar el proceso inmobiliario en todo su conjunto. Realizar la representación técnica de las empresas constructoras en las obras de edificación.

Ilustración 9.- Tabla de evaluación del PFG en tribunal.

El modelo de evaluación de la ilustración 9, se adapta a la rúbrica de los resultados de aprendizaje indicados, según se observa en la Tabla 3.2:

TFG- RA1/RA2/RA3/ RA4/RA5/RA6/ RA7/RA8	Excelente	Bueno	Justo	Insuficiente
Presentación y Entrega: Rigor y calidad de la documentación elaborada por el estudiante (3 puntos)	El PFG desarrollado contiene la estructura, redactado y herramientas para la correcta gestión del mismo. (3 puntos)	El PFG desarrollado contiene todos los puntos, pero con carencias en alguno o algunos de ellos. (2'25 puntos)	El PFG desarrollado contiene todos los puntos, pero con carencias o errores significativos en alguno de ellos. (1'5 puntos)	El PFG desarrollado contiene carencias o errores graves en alguno de los apartados. (0'5 puntos)
Correcciones de proyectos: Argumentaciones a lo largo del curso del proyecto en fase de redacción y asimilación de las recomendaciones del profesor (3 puntos)	El alumno ha demostrado todos los conocimientos de los conceptos, herramientas y método de desarrollo del proyecto en fase de redacción y asimilación de las recomendaciones. (3 puntos)	El alumno ha mostrado alguna carencia en los conocimientos de los conceptos y/o en alguna de las herramientas y método de desarrollo del proyecto en fase de redacción y asimilación de las recomendaciones. (2'25 puntos)	El alumno ha demostrado algún error en los conocimientos de los conceptos y las principales herramientas y método de desarrollo del proyecto en fase de redacción y asimilación de las recomendaciones. (1'5 puntos)	El alumno ha mostrado carencias o errores significativos en el conocimiento de los conceptos y/o herramientas y método de desarrollo del proyecto en fase de redacción y asimilación de las recomendaciones. (0'5 puntos)
Jurado de proyectos: Defensa ante un tribunal del TFG (4 puntos)	El alumno ha demostrado todos los conocimientos de los conceptos y todas las herramientas y método de desarrollo del Trabajo Final de Grado en la defensa ante un tribunal. (4 puntos)	El alumno ha mostrado alguna carencia en los conocimientos de los conceptos y/o en alguna de las herramientas y método de desarrollo del Trabajo Final de Grado en la defensa ante un tribunal. (3 puntos)	El alumno ha demostrado algún error en los conocimientos de los conceptos y las principales herramientas y método de desarrollo del Trabajo Final de Grado en la defensa ante un tribunal. (2 puntos)	El alumno ha mostrado carencias o errores significativos en el conocimiento de los conceptos y/o herramientas y método de desarrollo del Trabajo Final de Grado en la defensa ante un tribunal. (0'5 puntos)

Tabla 3-2.- Rúbrica de los resultados de aprendizaje del PFG. En color sepia se indican el límite obligatorio a alcanzar para aprobar la asignatura.

3.4 EL SISTEMA COMPETENCIAL DEL PROCESO DE BOLONIA Y LA MINERÍA DE DATOS EDUCATIVOS. PROCESO DE ANÁLISIS.

El proceso de Bolonia (1999)⁵⁸ ofrece respuestas a los cambios importantes que está experimentando el entorno global del EEES⁵⁹. Este acuerdo puso en marcha un trascendente proceso de transformación educativa que impone a las universidades del EEES la obligación de orientar la educación de grados a la obtención de competencias.

La declaración de Bolonia supone un punto de inflexión para las universidades europeas que podemos resumir en tres metas fundamentales que se derivan de dicha declaración:

- **La competitividad** o capacidad para atraer estudiantes europeos y de terceros países.
- **La empleabilidad**, centrada en el aprendizaje en aquello que es relevante para el mercado de trabajo y la vez disponer de un sistema claro que certifique que esos resultados son alcanzados.
- **La movilidad** interna y externa de estudiantes, profesores y personal.

Una de las características esenciales del nuevo EEES es la organización de las enseñanzas siguiendo el modelo de formación académica centrado en el aprendizaje del alumno. Uno de los objetivos del proceso de convergencia hacia el EEES es el desarrollo de propuestas docentes que tomen al estudiante como centro de la propuesta formativa.

El alumno universitario se convierte en el eje verdadero de la educación superior y el profesor en el orientador y guía de este proceso de aprendizaje. Este proceso transforma la educación en un sistema orientado a competencias. La sociedad ha pasado de ser un objeto a ser un sujeto del aprendizaje (Toffler, 1974).

⁵⁸ Bologna Declaration. The European Higher Education Area. Joint Declaration of the European Ministers of Education (Bologna), 1999. URL [26.08.2010]: <http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/bologna/about>

⁵⁹ EHEA (European Higher Education Area) en sus siglas en inglés

Lógicamente, este proceso es capaz de generar una cantidad ingente de datos, los cuales tienen un potencial enorme a la hora de redefinir tanto las actividades educativas como de forma global los planes docentes. Encontrar, analizar, evaluar y tomar decisiones en base a los datos relacionados con el proceso educativo, y con lo que se ha definido en la introducción como MDA/EDM (Minería de Datos Académicos / *Educational Data Mining*) (Heiner, Heffernan, Barnes, 2007) (Romero, Ventura, 2007) (Baker, Yacef, 2009).

En la segunda parte de este apartado (3.4.2) se realiza una introducción a éste enfoque analítico en la cual se ha basado el proceso de interpretación de los datos trabajados en la presente tesis.

3.4.1 Competencias educativas y su aprendizaje

Una competencia en educación se puede definir como un conjunto de comportamientos sociales, afectivos y habilidades cognoscitivas, psicológicas, sensoriales y motoras que permiten llevar a cabo adecuadamente un papel, un desempeño, una actividad o una tarea.

El concepto de competencia es multidimensional e incluye distintos niveles como:

- Saberes (datos, conceptos, conocimientos),
- Saber hacer (habilidades, destrezas, métodos de actuación),
- Saber ser (actitudes y valores que guían el comportamiento),
- Y saber estar (capacidades relacionadas con la comunicación interpersonal y el trabajo cooperativo).

En otras palabras, la competencia es la capacidad de un buen desempeño en contextos complejos y auténticos, y se basa en la integración y activación de conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes y valores. Chomsky (1985), estableció el concepto de competencia (a partir de las teorías del lenguaje), como la capacidad y disposición para el desempeño y para la interpretación.

Para establecer un cambio en la educación a escala mundial que garantice la excelencia y que satisfaga las necesidades de la práctica laboral contemporánea, algo que queda perfectamente alineado con los objetivos de la presente tesis, encontramos propuestas que definen el inicio del proceso de cambio desde un marco conceptual que permita relacionar fuertemente los

conocimientos, las habilidades y los valores de las personas (Bigelow, 1995; Ducci, 1997).

La educación basada en competencias se centra en las necesidades, estilos de aprendizaje y potencialidades individuales para que el alumno llegue a manejar con maestría las destrezas señaladas por la industria (Holland, 1967-1997).

Desde el punto de vista didáctico, se pueden distinguir varios tipos de competencias en el proceso educativo:

- **Competencias básicas:** Definidas como aquellas que requiere el individuo para desempeñarse en cualquier actividad productiva. Habitualmente se refieren a capacidades básicas como leer, interpretar textos, saber expresarse, saber escuchar, saber aprender, comprender, o el manejo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)⁶⁰.
- **Competencias genéricas (transversales):** Son los conocimientos y habilidades que están asociados al desarrollo de diversas áreas ocupacionales. Habitualmente describen las capacidades para analizar y evaluar información, trabajar en equipo, planificar y gestionar tareas, tener cultura tecnológica, una visión sistémica, capacidad de toma de decisiones y desarrollo del potencial de liderazgo.
- **Competencias específicas:** Son aquellas que complementan el saber hacer. Están asociadas a conocimientos y habilidades técnicas, de organización y planificación, y en general de un uso de lenguaje específico y del uso determinado de herramientas e instrumentos.

El aprendizaje basado en competencias pretende asegurar que los estudiantes adquieran aquellos conocimientos, habilidades y actitudes importantes tanto con relación a lo que se está estudiando como a las transiciones para las que se preparan (transición laboral, preparación para masters académicos, etc.).

⁶⁰ Herramientas que las personas usan para compartir, distribuir y reunir información, y comunicarse entre sí, o en grupos, por medio de ordenadores o redes de estos interconectados. (Romaní, 2011)

Una vez definidas qué competencias están implicadas en la actividad, en qué nivel y contexto se trabajarán y de qué medios se dispondrán para su ejecución, se pueden concretar los resultados de aprendizaje esperados en cada actividad, es decir, sus resultados observables. La fase final se centrará en establecer los criterios valorativos que nos permiten emitir los juicios de valor respecto de los resultados alcanzados.

Si aplicamos los criterios de evaluación sobre los resultados de aprendizaje, podemos expresar estos resultados en términos de estándares de ejecución. Aquí no tan sólo expresamos lo que tiene que hacer, sino que también establecemos los niveles de ejecución que permiten establecer juicios con respecto al nivel de consecución del aprendizaje (Golobardes et al, 2009).

En consecuencia, podemos afirmar que hablar de competencias nos permite un acercamiento entre el mundo académico (aquello que pretendemos hacer durante el proceso educativo/formativo), y el mundo laboral (es decir lo que los empresarios requieren del graduado). El establecimiento de las competencias adecuadas, su desarrollo y el diseño de sus métodos de evaluación nos permitirá ser más eficientes con los procesos educativos formales ya que se asegurará una mayor coherencia entre el resultado final del proceso y el trabajo individual de cada profesor definiendo los contenidos, metodologías, etc., de sus materias.

La identificación de las competencias que el alumnado debe haber adquirido al finalizar los estudios es el punto de partida en el proceso de diseño de una titulación basada en el paradigma educativo propuesto por el modelo de Bolonia. Para identificarlas, se deben definir, por una parte, las atribuciones propias de cada perfil profesional (por ejemplo, ingeniero electrónico, ingeniero informático, arquitecto o arquitecto técnico). Estas atribuciones pueden estar ya definidas en la legislación que regula las competencias de cada profesión.

Por ejemplo, en la Ley de ordenación de la edificación de 1999 se establecen las responsabilidades de los arquitectos e ingenieros —superiores y técnicos— en los diferentes procesos de edificación. A pesar de todo, no siempre se puede definir un perfil competencial a partir de las atribuciones establecidas en la legislación que regula las diferentes profesiones.

Hay casos en los que se produce un solapamiento de atribuciones entre diferentes sectores profesionales que dificulta definir un perfil específico para su

formación. Sin embargo, hay que considerar que las actividades profesionales cambian continuamente y a menudo sobrepasan el marco legal previamente fijado (Golobardes et al, 2009).

Al respecto y con el fin de identificar las competencias en el área de Ingeniería y Arquitectura, Golobardes et al (2009), realizaron todo un estudio sobre los trabajos previos que han identificado la tipología de competencias en estas áreas, desglosando estas por competencias en general, en ingeniería y en arquitectura. Del estudio se desprende una gran variabilidad a la hora de clasificar y/o ponderar las competencias, capacidades, habilidades, predisposiciones, pensamientos, aptitudes, destrezas, etc.

Del estudio, también se desprende una estadística de ocupación de los colegiados donde destaca el ámbito de la edificación con un 91,2% seguido del urbanismo (39,4%) y la acción inmobiliaria (37,7%). De estos datos, queda claro que la actividad fundamental del arquitecto es el proyecto arquitectónico y urbano, así como la obra de edificación.

Esta actividad principal de la obra de edificación liga directamente con el nuevo paradigma educativo, el cual proclama, entre otras ideas, la necesidad fundamental de establecer vínculos entre las competencias desarrolladas durante la carrera con las competencias profesionales.

A raíz de este último punto, la investigación queda claramente alineada y fundamentada con el trabajo presentado al IJEE (International Journal of Engineering Education), el cual se presenta en los apéndices y que consolida el presente trabajo.

3.4.2 Minería de datos educativos/académicos (MDE/MDA). Procesos analíticos en la interpretación de datos

Encontrar, seleccionar, analizar y evaluar los procesos educativos y relacionados con el aprendizaje son procesos que no pueden considerarse fáciles y que habitualmente están fuertemente relacionados con el contexto donde se ha llevado a cabo la educación (formal, no formal e informal), la tipología de los estudios, y el tipo de enfoque evaluativo que se ha utilizado.

No es lo mismo analizar los datos recogidos en entornos muy controlados como pueden ser los estudios de primaria, secundaria o bachillerato, en comparación con estudios universitarios del ámbito social y humanístico (donde el

diseño de muestras y los procesos estadísticos son críticos) o de la rama más técnica/tecnificada, donde los datos provienen más veces de estudios concretos de experiencia de usuario y no tanto de metodología docente.

La minería de datos educativos o académicos (MDE/MDA), es una fracción de un campo mucho más extenso como es la minería de datos (que proviene del inglés KDD-Knowledge Discovery in Databases). Dicho campo permite descubrir información nueva y potencialmente útil a partir de la recolección extensiva de datos.

En el ámbito educativo, se ha visto su utilidad en la recopilación de los datos recogidos por las plataformas educacionales y de esta forma usarlos para comprender mejor, por un lado, a los estudiantes y el entorno en el que aprende, y por otro lado el funcionamiento y gestión de las actividades docentes y su aprovechamiento académico.

La MDE es, en resumen, un concepto que engloba tanto las analíticas de aprendizaje (también conocidas como Learning Analytics – LA), como las analíticas académicas (conocidas como Academic Analytics – AA) (Fonseca, Climent, Vicent, Canaleta, 2016).

Mientras los métodos basados en LA se enfocan a nivel de curso/materia y datos educativos/ departamentales (centrados en la mejorar de los estudiantes), los métodos basados en AA están más centrados en estudiar los indicadores que analizan los perfiles del alumno, el rendimiento académico, el flujo de conocimiento y las comparaciones entre diferentes sistemas de aprendizaje (institucionales, regionales o nacionales / internacionales) (Siemens, Long, 2011), claramente en la misma dirección que nuestra investigación.

Los actuales sistemas académicos generan una amplia gama de datos que pueden ayudarnos a predecir el comportamiento de nuestros estudiantes frente a nuestros planes académicos. De esta forma, los métodos basados en AA combinan los datos con técnicas estadísticas y, en una segunda etapa, con modelos predictivos para ayudar a los estudiantes, profesores, docentes y asesores a determinar qué contenidos se pueden mejorar o qué alumnos potencialmente necesitan de un apoyo o seguimiento específico.

Estos procesos evaluativos, tanto los basados en LA cómo en AA, respaldan el desarrollo de un sistema de educación y capacitación profesional de calidad, dado que:

- Identifican las fortalezas y debilidades de un sistema educativo y sus actividades de capacitación.
- Observa y analiza cómo se usan los recursos.
- Involucra y relaciona a los actores involucrados en el sistema educativo.
- Asegura que efectivamente ha ocurrido un cambio con efectos en el contexto institucional y social de estudio.
- Permite identificar problemas críticos en una fase primaria utilizando pruebas Pre-Post, y el uso de métodos mixtos (combinando enfoques cuantitativos y cualitativos) para una mejor interpretación de los resultados (Fonseca, Redondo, Villagrasa, 2015).

Cuando se trata de incorporar nuevos métodos educativos, y/o modificar los existentes, también se necesita incorporarlos a la enseñanza de manera controlada, es el campo conocido como Buenas Prácticas Docentes/Educativas (Valverde, Garrido y Fernández, 2010).

Existen algunos riesgos que deben controlarse antes de poder mejorar no solo el plan de estudios, sino también las habilidades y el conocimiento del alumno en base a las actividades diseñadas. Por ejemplo, en el caso de las TIC:

- El profesor debe estar capacitado y ser capaz de proporcionar apoyo de tiempo completo a los estudiantes
- También debe ser capaz de ofrecer una explicación buena y precisa de la práctica y la metodología.
- Debe seleccionar correctamente las aplicaciones
- Y debe proporcionar objetivos finales claros.

Estudios previos describen "errores críticos" en la implementación de este tipo de métodos, errores que pueden generar percepciones negativas entre los estudiantes y que deben evitarse (Redondo, Giménez, Valls, Navarro, Fonseca, Villagrasa, 2015). Por todas estas razones, es necesario desarrollar sistemas de apoyo a la decisión educativa, a fin de mejorar los estudios más técnicos, donde evaluaciones exhaustivas escasean a menudo.

Se puede afirmar que los métodos basados en LA y AA se han convertido en temas fundamentales de las principales conferencias educativas, y es más que una simple tendencia en educación (Long, Siemens, 2011; Conde Hernández-García, 2013; Johnson, Adams, Cummins, 2012).

Explícitamente, Ferguson definió LA como "la medición, recopilación, análisis e informe de datos sobre los estudiantes y sus contextos, con el fin de comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en los que se produce" (Ferguson, 2012). Por otro lado, AA es un proceso mixto capaz de proporcionar a las instituciones de educación superior los datos necesarios para respaldar la toma de decisiones operativas y financieras (Goldstein, Katz, 2005).

3.4.3 Análisis estadísticos

Para poder evaluar los resultados de la investigación, presentes en los artículos y más adelante en los resultados de la tesis, se ha trabajado desde un punto de vista estadístico. Para ello, se ha definido un nivel de significación (α , o también representado como p) a partir del cual se ha considerado como relevantes las posibles igualdades o diferencias.

Dicho nivel será utilizado tanto para la comparación de las medias como para la evaluación del nivel de confianza de las muestras seleccionadas. En dicha línea, habitualmente se trabaja con valores siempre iguales o superiores al 90% ($\alpha = 0,1$), siendo habitual el 95% ($\alpha = 0,05$), o incluso todavía valores más elevados de manera que la confianza en la muestra sea mucho más elevada.

No obstante, intentar trabajar con valores de confianza cercanos al 100%, lo que reduce el margen de error supondría elevar mucho las muestras necesarias lo cual complicaría en exceso cualquier estudio. Por dicho motivo, es importante balancear de manera adecuada el nivel de significación buscado con el margen de error de la muestra y el número de muestras realizadas para que los índices sean correctos:

- Con pocas muestras y con el fin de minimizar el error sería necesario aumentar el margen de confianza,
- Mientras que a mayor cantidad de muestras podemos reducirlo (Grenacre, 2007).

En el caso de la presente tesis, el valor seleccionado dado las muestras con las que se ha trabajado ha sido del 95%.

En el presente caso, y con relación a los datos obtenidos, se puede afirmar que se tienen una serie de muestras que son de grupos inconexos (no aparejados, también reconocidos con el nombre de datos no relacionados o muestras independientes) (Norušis, 2006), lo que significa que las observaciones se han llevado a cabo sobre unidades muestrales diferentes. El interés radicará en comparar dichas medias para constatar las hipótesis planteadas sobre sus diferencias y construir los intervalos de confianza de los datos obtenidos.

El método más común para evaluar las diferencias entre dos medias es el cálculo de la denominada “t de Student” (Gosset, 1908) (Cressie & Whitford, 1986). Asociada a la t de Student podemos encontrar el cálculo denominado “Prueba t” usado para averiguar si hay una diferencia real (o significativamente estadística), entre los promedios de dos grupos diferentes.

Usando una hipótesis nula (H_0 , o hipótesis a contrastar) de que si existen diferencias en las valoraciones entre los grupos comparados (y una hipótesis alternativa H_1 , conforme no existen diferencias), si la significancia estadística (que puede ser tomada en función de un corte o dos del total de la gráfica de distribución, conocido por una o dos colas) es menor que el umbral fijado (por ejemplo de 0.497, con un umbral de 0.05), significará que hay una probabilidad elevada que los grupos sean diferentes en las variables comparadas. En dicho caso, se acepta la hipótesis nula, que establece que si hay diferencias significativas entre los grupos, y se descarta la hipótesis alternativa.

4 PRESENTACIÓN DEL COMPENDIO

4.1 VINCULACIÓN DE LOS ARTÍCULOS

Tal y como hemos referido anteriormente, el enfoque innovador de la tesis se basa en una minería de datos (tanto educativos como externos (las competencias profesionales) que permita identificar de forma científica aquellas variables y actividades que necesitan adaptarse para optimizar el trabajo asociado al PFG.

Temporalmente la presente tesis se ha desarrollado a partir de tres grandes fases que enlazan con las hipótesis de trabajo definidas y con los artículos que conforman el compendio:

- **FASE 1 (2013-2016): Recopilación de datos educativos y académicos:** En esta primera fase, se han recogido las evidencias, por un lado de todos los PFG presentados a lo largo de la historia de la ETSALS relacionadas con el grado de estudio, y por otro lado se inició la recopilación de datos que caracterizan el PFG de las facultades españolas.
- **FASE 2 (2014-2017): Recopilación de datos académicos y externos (encuestas a profesionales):** En esta segunda fase, por un lado se finalizó la recogida de datos asociados a los programas de las facultades españolas iniciada en la fase anterior, y por otro lado, a partir de la encuesta profesional de Jordana y del Río (2015), se organizó la replicación de la misma en un entorno local. Así mismo, en esta fase y a partir de los datos recogidos y las necesidades observadas de introducción de nuevas metodologías y tecnologías en el proceso educativo, se inician colaboraciones con otros investigadores de cara a dar soporte en las experiencias educativas llevadas a cabo.
- **FASE 3 (2016-ACT): Procesado analítico mediante el establecimiento de relaciones y priorización de aprendizajes:** Finalmente, esta tercera fase ha y está focalizando los esfuerzos en la interpretación y análisis de los datos y experiencias recogidas, con el fin de establecer las relaciones que permitan en un futuro su replicación como futuras modificaciones guiadas y pautadas.

Esquemáticamente en la siguiente Ilustración 10, se puede observar la distribución temporal de la investigación, tanto en lo referente al enfoque metodológico, los bloques conceptuales que forman las fases indicadas, y la distribución del proceso de publicación de los artículos que conforman el compendio en relación con las fases descritas.

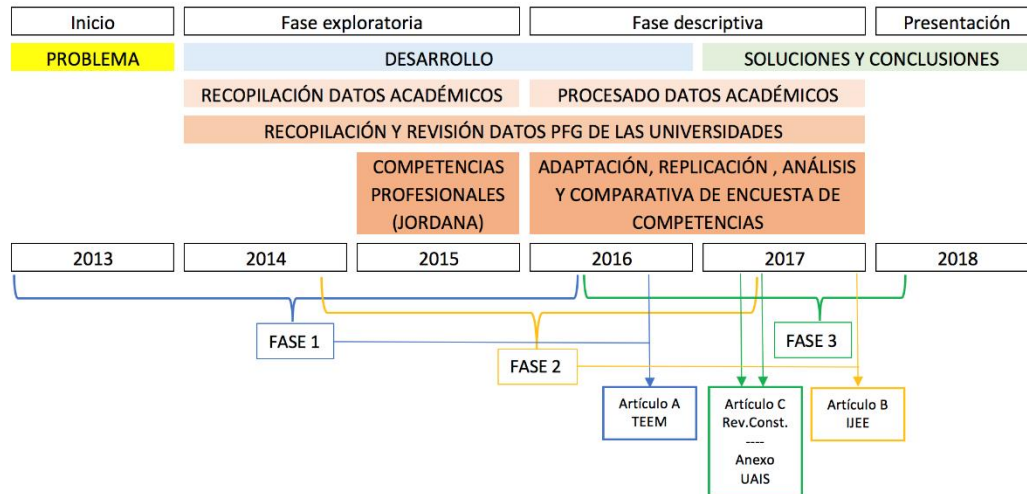


Ilustración 10.- Distribución de metodologías, bloques y procesos de trabajo asociados a la tesis en relación al cronograma temporal y los artículos seleccionados.

Relacionado con la FASE 1, encontramos el artículo A:

- **Relationship between learning indicators in the development and result of the Building Engineering Degree Final Project (2016).** Enric Peña, David Fonseca, Nuria Martí. TEEM2016: 4th Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, Salamanca (Spain),
 - En Actas de la Conferencia, Vol.1, pp. 335-340, ISBN: 978-1-4503-4747-1, ACM Library. DOI: 10.1145/3012430.3012537
 - Enlace: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3012430.3012537>
 - BEST PAPER AWARD, Track: Learning Analytics.

El artículo se presenta y es aceptado en la conferencia TEEM-2016, la cual dispone de un sistema de evaluación por “peer review” y que, a su vez, está indexada en ACM Digital Library base de datos científica internacional de reconocido prestigio. En dicho artículo se presenta una comparativa (etapa pre 2004-2007 y post-Bolonia 2012-2015), entre los resultados académicos, las variables personales y las variables de seguimiento que afectan al desarrollo del PFG. Mediante un análisis centrado en la varianza de las variables se observaron

diferencias significativas entre variables que antojan un comportamiento diferencial entre las etapas estudiadas, balanceándose positivamente el periodo Post-Bolonia⁶¹.

El **APORTE CONCRETO del AUTOR** en este artículo, se ha centrado inicialmente en la recopilación de todos los datos y variables a estudiar, así como la recopilación del marco de acción. Bajo la tutoría de los autores, a continuación, se ha hecho el estudio comparativo que permite obtener los resultados del artículo.

Relacionado con la FASE 2 de la tesis, se presenta el artículo B:

- **Relationship between specific professional competences and learning activities of the building and construction engineering degree final project.** Enric Peña, David Fonseca, Nuria Martí, José Ferrandiz. International Journal of Engineering Education. (Aceptado para publicación: 18 diciembre de 2017).

El artículo es aceptado para publicación en la International Journal of Engineering Education, publicación científica editada por Tempus Publications (Irlanda). En el momento de la publicación la revista está indexada y/o cuenta con los siguientes índices de calidad (extraídos a diciembre de 2017):

- **Ámbito:** Economía, Educación, Ingeniería Industrial. **Journal Citation Reports** (2016: Q4, IF:0.609), SCIE (Science Citation Index Expanded): Education, Scientific Disciplines. Eng. Multidisciplinary.
- Scimago Journal & Country Rank (H Index: 37, 2016): Education (Q2), Engineering (miscellaneous) (Q2)
- Matriz Información para el Análisis de Revistas (MIAR): ICDS: 11.0
- Otros índices: EBSCO Eucation Source, Educational research abstracts (ERA), Dialnet, Carhus Plus+2014 (grupo A), ERIHPlus

Fruto del artículo A y las revisiones del mismo, en donde se sugería realizar una aproximación mediante el estudio de regresiones entre variables, y de los



resultados obtenidos en las fases 1 y 2 de recopilación de datos externos, se desarrolla el presente artículo. En él, se realiza una comparativa estadística entre los estudios de las competencias, y a partir de las regresiones de las variables obtenidas en A, se relacionan las actividades académicas del PFG con las competencias profesionales, sugiriendo un nuevo enfoque del PFG que puede optimizar la formación del alumno. Como se puede observar, existe un trabajo continuo desde el inicio del periodo de investigación, al cual se yuxtaponen una serie de actividades complementarias, relacionadas directamente con la tesis a partir de las variables, competencias y resultados obtenidos de los procesos más analíticos. Los artículos que conforman el compendio presentan una aproximación sobre el volumen de datos total con los que se ha trabajado en la investigación y que pueden ser observados con mayor detenimiento y profundidad a lo largo del Marco Teórico (Capítulo 3), del capítulo de 5 de Resultados y del 6 de Conclusiones y Líneas de Futuro.

Queda claro que el proceso de caracterización de las variables personales y académicas del PFG, y de las competencias tanto genéricas como específicas que demanda el sector están fuertemente relacionadas mediante las actividades de aprendizaje que conforman el actual PFG. No obstante, se observa una necesidad fundamental que abarca a todo el grado, y por extensión al PFG: la necesidad de cimentar el trabajo mediante proyectos y metodologías reales (entendiendo por metodologías reales aquellas que de forma continua se utilizan en los ámbitos y tareas laborales) y el uso de TIC que se adapten a las necesidades de dichos proyectos y metodologías. En este sentido como se las BIM se incluyen a lo largo del grado y son explotadas de forma eficiente en el PFG es una tarea a analizar, en especial dada la actual importancia que el sector da a la representación y gestión del proceso constructivo de forma transversal.

La **APORTACIÓN ESPECÍFICA del AUTOR** en este artículo se ha centrado en recopilar los datos de la encuesta profesional realizada de forma externa, generar una encuesta que replique la misma y realizar el proceso de nueva recopilación de datos, análisis, comparativa y relación con las actividades de aprendizaje del PFG para generar la primera propuesta analítica de cambio del PFG y abrir la discusión dichos cambios.

Finalmente, y en estrecha relación con la FASE 3, se presenta el siguiente artículo C:

- **Design of interactive and collaborative learning units using TICs in architectural construction education.** Núria Martí, David Fonseca, Enric Peña, Marta Adroer, David Simón. *Revista de la Construcción / Journal of Construction*⁶².
 - ISSN: 0718-915X. Abril 2017, N° 16, Vol. 1. Páginas: 34-42, DOI:10.7764/RDLC.16.1.33

El artículo es aceptado para publicación en la Revista de la Construcción, publicación científica editada por la Escuela de Construcción Civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile. En el momento de la publicación la revista está indexada con los siguientes índices de calidad (extraídos a diciembre de 2017):

- **Ámbito:** Arquitectura y Urbanismo, Ingeniería Civil. **Journal Citation Reports** (2016: Q4, IF:0.358), SCIE (Science Citation Index Expanded): Construction & Building Technology. Engineering, Civil.
- Scimago Journal & Country Rank (H Index: 5, 2016): Building & Construction (Q3), Civil and Structural Engineering (Q3)
- Matriz Información para el Análisis de Revistas (MIAR): ICDS: 5.9
- Otros índices: Dialnet, Latindex, Redalyc, SciELO

En dicho artículo se muestra como el diseño de una estrategia de aprendizaje basada en problemas reales y utilizando herramientas tecnológicas permite profundizar en el conocimiento de los distintos sistemas constructivos mejorando la capacidad de análisis, síntesis y toma de decisiones adecuadas a los distintos puntos singulares del proyecto arquitectónico. La aplicación de las distintas herramientas de representación facilita el autoaprendizaje y por lo tanto potencian la reflexión y la investigación de nuevo conocimiento, tanto de la disciplina de la construcción arquitectónica como de las nuevas técnicas de representación. Cabe recordar que, la habilidad de saber utilizar estas técnicas de representación gráfica de los procesos constructivos ha sido una de las competencias con mayor nivel de exigencia (2ª del ranking) que solicita el sector



62

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-15X2017000100033&lng=pt&nrm=iso&tlng=en

profesional (identificada como C14 en el apartado de Resultados 5.3 y en el de Conclusiones, así como en otros artículos del compendio), y la 1ª en cuanto a percepción de preparación por parte del alumnado.

La metodología de aprendizaje PBL aplicada a la asignatura de Construcción, troncal en el grado de Arquitectura Técnica y Edificación, persigue el mismo objetivo y sigue las mismas pautas del Proyecto Fin de Carrera, el desarrollo de un proyecto ejecutivo cumpliendo con todas las normativas técnicas asociadas y los requisitos de un proyecto profesional.

En este artículo, la **APORTACIÓN RELEVANTE del AUTOR** se ha centrado en identificar las necesidades formativas de una materia fundamental del grado en estudio, la construcción, y trasladar la metodología del PFG a un seguimiento práctico concreto dentro de dicha materia priorizando el uso de las TIC. Así mismo los resultados de la propuesta, han realimentado las propuestas de cambio del PFG que se reflejan en las conclusiones de la presente tesis.

4.2 ORDENACIÓN DE LOS ARTÍCULOS

- Artículo A: Páginas (6): 109 - 114
- Artículo B: Páginas (16): 115 - 130
- Artículo C: Páginas (10): 131 - 140

Relationship between learning indicators in the development and result of the Building Engineering Degree Final Project

Enric Peña

La Salle, Universitat Ramon Llull
C/ Sant Joan de la Salle, 42
08022, Barcelona, Spain
+34 932902430
enricp@salle.url.edu

David Fonseca

La Salle, Universitat Ramon Llull
C/ Sant Joan de la Salle, 42
08022, Barcelona, Spain
+34 932902430
fonsi@salle.url.edu

Nuria Martí

La Salle, Universitat Ramon Llull
C/ Sant Joan de la Salle, 42
08022, Barcelona, Spain
+34 932902430
nmarti@salle.url.edu

ABSTRACT

The present work can be included in a much broader investigation related to the content, methodology and success of the Final Degree Project (FDP) in the framework of Building and Construction Management. The aim of our proposal is to study the current FDP in Technical Architecture and Building Engineering degrees using an academic analytics approach. Here, we will focus on the first stage, in order to establish a relationship among the main academic indicators that determine the FDP outcome. The typology of the final projects in engineering degrees requires the use of abilities and technical competences described in several academic plans, in order to prepare the student for joining the job market. This work focuses on and compares the 2004-2007 and 2012-2015 periods (pre and post Bologna), in order to examine the effect of expanding the academic plan from three to four academic years. The results confirm an improvement in the final marks the students attained in the second period, which can be related to the changes in the academic plan.

CCS Concepts

• Information systems ~ Relevance assessment ~ Decision support systems • Applied computing ~ Architecture (buildings) • Information systems ~ Information extraction • Social and professional topics ~ Student assessment • Information systems ~ Data analytics • Social and professional topics

Keywords

Academic analytics; Educational assessment; Building engineering studies; Student profile; Evaluation of the educational system; Learning indicators.

1. INTRODUCTION

This article is based on an investigation aimed at identifying the fundamental model(s) that should comprise the Final Degree Project of the Technical Architecture (also known as Building and Construction Engineering) degree, as well as abilities and competences that must be acquired and the manner in which students should acquire them. In addition, we explored the most

optimal monitoring approach and assessed pedagogical criteria for the tutoring sessions. Regarding the different type of information, it is necessary to define the selection criteria to determine which of the different data available are relevant for our general project [1].

This degree, exclusive to Spain, has been restructured since the implementation of the Bologna plan [2], which involved several changes in its name and a particular adaptation of each faculty to the academic plans. Focusing on the FDP, every institution that offers this degree employs staff and systems marked by substantial differences in the abilities and competences. These differences are due to the numerous interpretations of professional and/or territorial necessities, which should be subjected to further study.

The present work focuses on identifying the academic and formal variables that can affect the FDP development and the final grade attained. The importance of student success, commonly measured as degree completion, continues to rise, and it is necessary for institutional accountability. Academic analytics approach can help institutions address student success while better fulfilling their academic projects. We could argue that our work is positioned at the first stage within the three main levels of academic analytics (close to learning analytics framework, as we will define latter), that can be described as identification and categorization of learning indicators; identification, categorization and explanation of learning and teaching behaviors; and prediction and adaptive correction of learning processes [3]. We have identified and compared different indicators in two academic periods based on the final projects presented on the ordinary delivery call at the Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle, ETSAL (Universitat Ramon Llull). Using this approach, we aim at achieving the degree of significance and correlation that allows for further replications of this study, both in other schools and in other courses. We will establish analogies and improvement proposals for the FDP, considering it as a prelude to the student's professional activity.

Below, in Section 2, we present the academic and professional context of the Technical Architecture studies in Spain, along with the characteristics of the different FDPs and the ETSAL's FDP structure, before discussing the best approach for identifying and analyzing the academic data obtained from our Learning Management System (LMS). In Section 3 (Methodology), we describe the process followed in the study, the types of data it yielded and the analyses performed. In Section 4 (Results), we provide the obtained results, as well as their relationships, in order to discuss our findings and conclude our work in the last section.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from Permissions@acm.org.

TEEM'16, November 02-04, 2016, Salamanca, Spain

© 2016 ACM. ISBN 978-1-4503-4747-1/16/11...\$15.00

DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/3012430.3012537>

2. CONTEXT

2.1 Academic and professional framework of Technical Architecture in Spain

At present, the technical architect's profession in Spain is regulated by the current legislation, and each professional requires a current degree title in order to work (as provided in art. 12.9 of the RD 1393/07 according to the established conditions in the minister council proposal of 14.12.2007). The requisites of the study plans that should be followed by institutions offering a technical architect degree title must meet the ECI/3855/2007 order issued on December 27th [4].

The first references to the Quantity Surveyor profession (known as "Aparejador" in Spain) can be traced to the construction of the Monastery of San Lorenzo del Escorial in 1562 [5], which was at the time performed by the construction manager. It was not until the publishing of the Royal Order of January 24th, 1855 and the Lujan decree that the profession was officially denoted as *Aparejador* [6]. Such nomenclature persisted until 1971 (Royal Decree 265/1971) [7], when the competences of Technical Architects were established and regulated [8].

According to the Decree of July 16th, 1935, published by the Ministry of Public Instruction and Fine Arts, where professional attributes of the *Aparejador* are regulated [9]: 'To inspect with proper assiduity the material execution of the construction process, being his responsibility for it to develop according to the project and the right construction practices'.

The first references to this profession in the academic framework were made in 1855, when the *Aparejador* programs were established in all Noble Arts academies. The curricula for the qualification of quantity surveyor were initially developed in Architecture schools, and the first Quantity Surveyor schools were opened in 1955, as Intermediate Degree Technical Schools. Many modifications occurred in the study plans until the adaptation of the European Higher Education Area in 2007, when the changes established in the RD 1393/2007 were applied, which are still in force.

2.2 The FDP in the Spanish System

Currently, the rule ECI/3855/2007 established on December 27th, sets the number of credits (a minimum of 12), and defines a set of competences that must be acquired, namely presentation and defense of a FDP before a university panel, which is on an exercise of integration of the received formative contents and the acquired competences. The White Book of Construction Engineering Degree, published by the National Agency of Quality and Accreditation Evaluation (ANECA) [10], states in a similar vein the abilities and competences that must be developed:

- Integrating the received formative contents in a construction and management project
- Research in one of the areas established by the departments
- Improving the exchange with other schools in the area of national and international relationships
- Performing university-business educational cooperation conventions

Through the analysis of official memoirs published in several state schools, we can establish similarities and differences between the learning aims, as well as general and specific competences that the student must acquire during the development

of the FDP. At the same time, the different schools' regulations for the FDP reveal a wide range of possibilities for the development of the work pertaining to its duration, configuration (typology, teamwork, counseling, etc.) and evaluation criteria.

We have collected data from 26 Spanish faculties of Technical Architecture concerning the characteristics of the FDP. Our findings indicate that, in 56% (including the ETSAL) of the cases, the FDP is a work that synthesizes and incorporates knowledge, abilities and skills acquired throughout the degree course. In the remaining 44% of the cases, the main objective is not specifically stated. The institutions in this group identify different ideas, and many also state objectives related to the learning and competences that should be attained through the FDP, thus mixing and confusing both concepts. Other interesting facts that emerged from this analysis include:

- In 73% of the schools, the FDP requires a minimum of 12 credits, which is equivalent to one academic semester.
- There is no consensus regarding the model of FDP evaluation, as some schools score the presentation with the 100% of the mark, while others score the presentation, the final document, the theory content, other grants, the link between the project and the specialty, etc.
- In 38% of the faculties, students have the option to realize the FDP in groups.
- Only 34% of the analyzed institutions allow the student to suggest the FDP, which is typically done by the faculty.
- Only 15% of the schools permit more than one tutor or teacher to tutor the FDP, and the university directly assigns mentors to the students in all cases.

In conclusion, we can affirm that all the faculties follow a working model, which is in most cases customized and specific to the institution. This assessment is an aspect that seems important to study in future works, especially in order to determine whether there are some social, local, or professional variables that characterize the way of working in different faculties.

2.3 Characteristics of the FDP in ETSAL

On July 18th, 2000, ETSALS carried out its first final degree project panel in the Technical Architecture Degree. There have been many changes since the first meeting. Nevertheless, the school has maintained a strong will to adapt to the constant technological changes in the profession. The goal is to equip the students with skills and knowledge needed to solve technical and economic problems. They should also be able to graph, calculate, assess and obtain conclusions from their proposals.

The final aim is to transform that obtained knowledge into a practical project, in line with the current standards and practices of the profession. The student should be ready to utilize the information obtained during the degree and transform it into final decisions. The project's development methodology is structured in accordance with the initial problem that needs to be solved. This hypothesis is developed concerning the technical, legal and economic aspects, usually leading to a complete executive project. The Final Degree Project usually comprises of different professional exercises, such as security and quality controls, pacification and realization of a maintenance plan [11].

The criteria used to establish and define the periods (the first spanning from 2004 to 2007, and the second from 2012-2015), which have influenced the configuration, methodology and results of the FDP, have been:

- European Higher Education Area framework
- CTE application normative framework
- Social/Economic framework (construction sector crisis)

The Final Degree Project for ETSALS students has been modified in order to adapt to the number of credits that the European Higher Education Area establishes. In addition, it has been necessary to qualitatively modify the executive project according to the Technical Code of Edification [12], as well as the professional requirements of an agent in a crisis situation, where personal abilities can be as important as the competences.

2.4 Assessing training: Academic Analytics

Assessing training is always a difficult task, since it is closely connected to the context where (formal, non-formal and informal) training to be assessed has taken place and to the type of assessment approach that has been used. Generally, in the literature on training evaluation, two major theoretical approaches can be found: evaluation training and effectiveness training. The former is based on the evaluation of learning outcomes achieved at the end of training, which is based on the effectiveness of training that was provided. In the former approach, objectives, content and design of training become the object of evaluation; in the latter approach, however, the training process is examined in all its stages (pre, ongoing and post) considering the variables that might have influenced the effectiveness of training activities [13].

Assessment supports and fosters the quality development of an education and training system because it:

- Identifies the strengths and weaknesses of an education and training system and action
- Observes and analyses how resources are used,
- Involves and empowers the stakeholders engaged in the training system and actions,
- Ensures that a change has indeed occurred with effects on the institutional and social context,
- Allows to identify critical issues in a primary phase using Pre and Profile tests, and using mixed methods (combining quantitative and qualitative approaches) for a better interpretation of the results [14].

When we try to incorporate new educational methods, we need to incorporate them into teaching in a controlled manner; there are some risks that need to be controlled before one can improve not only the curriculum but also student skills and knowledge. For example, in the case of new technologies, the professor must be trained and capable of providing full-time support to students: he or she must be capable of offering a good and precise explanation of the practice and methodology, must correctly select the applications, and must provide clear final objectives. Previous studies describe “critical mistakes” in the implementation of these type of methods, mistakes that can generate negative perceptions among the students and which need to be avoided [15].

For all these reasons, it is necessary to develop educational decision support systems, in order to improve technical education. In this framework, Learning Analytics addresses the management and analysis of the educational data in order for the improvement of learning: “Using analytics we need to think about what we need

to know and what data is most likely to tell us what we need to know” [16].

We can affirm that Learning Analytics has become the main topic of educational conferences, and it is more than a simple trend in education [17] [18]. Ferguson defined Learning Analytics as “the measurement, collection, analysis and reporting of data about learners and their contexts, for purposes of understanding and optimizing learning and the environments in which it occurs” [19]. Related with this concept, we can find other ideas as for example the Educational Data Mining and the Academic Analytics. The first one is concerned with developing methods for exploring the unique types of data that come from educational settings, and the second idea, Academic Analytics is a mixture process for providing higher education institutions with the data necessary to support operational and financial decision making [20].

Educational data mining is the global idea that supports Learning and Academic Analytics. While Learning Analytics are focused in the course-level and departmental data (in order to improve the students and the faculty), Academic Analytics are more focused to study the indicators that study the learner profiles, performance of academics, knowledge flow and comparisons between different learning systems (institutional, regional or national/international levels) [21], clearly in the same direction that our project. Our academic systems generate a wide array of data that can help us to predict the behavior of our students in front of our academic plans. In this way, Academic Analytics marries the data with statistical techniques, and in a second stage with predictive modeling to help students, teachers, faculty and advisors to determinate which contents can be improved or which students needs a support.

3. METHOD

The methodological approach for the development of the study is based on the official records of the Grade approved by ANECA. It established a system of evaluation of the FDP based on: its rigor and the quality of the documentation presented by the students (30% of the overall mark), the corrections made on the work (30% of the overall mark), and lastly the defense in front of the university panel (40% of the mark).

Throughout the monitoring process (corrections of the work done by the students in the allocated time), the tutors assess the argumentations of the students and their adoption of the recommendations provided by the tutors regarding the technical quality of their work and the methodology employed. When making corrections in class, teachers take into account and value the following issues:

- The personal planning of the tasks and deliveries
- The use of the knowledge gained throughout the degree
- Student’s capacity for investigation
- Student’s capacity for synthesizing and level of objectivity
- Student’s attitude

During the follow-up, tutors control different variables that can result in differences among students. Throughout the training process, the variables collected from our LMS and developed in Moodle platform, are related with the three blocks defined by ANECA and described previously:

- The typology and theme on which the project will be based:

- New construction or rehabilitation
- Research and technology
- Time invested into project development (if spanning two or more semesters)
- Aspects or variables directly related to the personal situation of the student:
 - If the student was employed while developing the project
 - The number of other subjects studied alongside the project development
- Issues related to the logistics of the classes: e.g., the number of corrections requested throughout the development of the project
- Finally, the variables directly related to the student's academic performance:
 - Average mark of the student's academic record
 - Mark received for the FDP

Based on these variables, the academic analysis of the obtained results was performed, which is presented in the following section, along with the connections we identified between them. All data are collected from the LMS and the annotations done by the project direction and advisory teacher along the project development. All data are storage in digital format, basically inside the LMS and in spreadsheets).

The analyzed periods, 2004-2007 (PRE Bologna stage), and 2012-2015 (POST Bologna stage), were chosen as they reflect the systems in place before and after the implementation of the European Superior Space Training. We also chose these two periods, as they are markedly different for the following reasons:

- CTE, RD 314/2006. The Ministry of Housing released an article in which it approved the Technical Code for Building Construction. It entered into force on March 17th, 2016 aiming to:
 - Ensure better quality of the building construction and impose new requirements of sustainability and innovation in the construction industry
 - Prompt modernization of the existing regulatory framework Royal Decree 1650/1977
 - Promote the technological progress through research
- ECONOMIC CRISIS commencing in of 2008, and its causes:
 - Misconduct of financing entities
 - Increase in the prices of raw materials due to high demand
 - Increased global market competitiveness

The consequences of the economic crisis are also related to the food and energy crisis, and have led to an increase in the unemployment rate (loss of 800,000 affiliates to the social security between 2012 and 2013), while marking the end of the housing market "boom". All aforementioned factors have had a direct adverse effect on the building sector, as the sales have decreased substantially.

These factors have influenced substantially in the final degree work settings, in terms of volume, materials and presentation, marking trends of unassimilable notes between one period and another. Clearly, we can locate our project between the two first

steps of analytics: data capture and first report. According the results obtained the next steps will be:

- Generate a predictive model that can identify problems in the development of the FDP, and other variables that can affect the integration of the student in the professional sector in function of the location (as we have stated previously there are a great customization in the different schools of Spain),
- Define proactive actions that enable the faculty to modify the FDP in function of the student and personal problems that we can identify,
- Refine in future iterations the model.

4. RESULTS

As previously noted, we have analyzed the FDP handed in first call in two periods: from 2005 to 2007 (which we denote as PRE), and from 2013 to 2015 (POST). From the point of view of the project, the synthesized data that characterizes the type and the final mark obtained (FM) is summarized in Table 1.

Table 1. Typology of FDP and the Final Mark Average

Theme	Pre # 32 (2005-07)		Post # 24 (2013-15)	
	%	FM	FM	FM
New building	31.2	6.4	45	7.2
Rehabilitation	50.0	6.6	50	8.4
Without data	18.7	7.0	5	8.0
With basic project	25.0	-	45	-

Although we were unable to clarify some data pertaining to the PRE phase, the typology of FDP in both stages seems fairly balanced and is largely similar. To estimate the probability that results are significantly similar, we used the Student's t-test, and tested a null hypothesis (H_0) that there are no differences in scores between variables. While, in the initial period, no significant differences between the grades according to the type of project were noted, in the POST period, we found a statically significant difference between projects focusing on a new construction and those pertaining to rehabilitation. As $P(T) = p$ two-tailed is 0.02, which is less than the threshold of 0.05, this means that there is a very high probability that the results are different.

We also analyzed the data pertaining to the project type, and our findings are presented in Table 2 in the form of the final mark obtained by the student (FM, Final Mark), the number of corrections that were made (CN, Correction Number) and the period (S, Semester) in which the work was developed:

Table 2. Final Grade, number of corrections, and number of subjects as a function of the FDP typology.

FDP Theme	Pre			Post		
	FM	CN	S	FM	CN	S
New building	6.40	14.50	3.4	7.18	22.27	4.0
Rehabilitation	6.62	12.25	3.2	8.41	18.75	2.6
Without data	7.00	11.66	3.6	8.00	25.00	3.0
TOTAL	6.67	12.63	3.4	7.86	22.00	3.2

In addition, we also examined the data characterizing the student. Our findings revealed that, in the PRE period, only 3% of the students were employed while conducting the FDP, while 64% were studying other subjects in parallel (on average, students

worked on two additional subjects alongside the FDP). In the POST period, up to 25% of the students were working during the FDP development, while only 45% of the students were also studying additional subjects (an average of 1.15).

Comparing the results obtained in the two periods, an increase in the final FDP mark is evident. More specifically, while the overall mark in the PRE period was 6.67, it increased to 7.86 in the POST period, which is a statistically significant difference ($p = 0.0006$). These findings pertain to all project types and all individuals. We postulate that two factors influenced these discrepancies: the student profile or the new methodology used for the tracking the FDP. The greatest novelty of the new methodology stems from the new typology of corrections and the technical code tracking (at least in the first year), as can be seen in Table 2.

To evaluate the impact that the student profile can have in the final FDP mark, we have analyzed their performance throughout the degree in relation to the final mark. In Table 3 (PRE stage), and Table 4 (POST stage), we present the relationship between: the final FDP mark (FM), the number of corrections (CN), the average of all marks the students received throughout the degree (Average Grade, AG), and the number of subjects taken while conducting the FDP (Subject Number, SN). All these variables were gathered in relation to the number of semesters that students needed for FDP completion, for which two semesters are typically allocated.

Table 3. PRE Stage. Final FDP grade as a function of the number of semesters required for completion, the number of corrections, the grade average for the degree and the number of subjects that student worked on alongside the project.

Number of Semestres	Pre			
	FM	CN	AG	SN
2-Semesters (53,1%)	7.0	10.4	6.07	2.0
4-Semesters (31,2%)	6.1	11.8	5.81	2.7
6-Semesters (12,5%)	6.5	23.5	6.10	1.0
8 or more (3,1%)	6.0	19.0	6.19	2.0

Table 4. POST Stage. Final FDP grade as a function of the number of semesters required for completion, the number of corrections, the grade average for the degree and the number of subjects that student worked on alongside the project.

Number of Semestres	Post			
	FM	CN	AG	SN
2-Semesters (58,3%)	8.3	16.2	6.38	1.2
4-Semesters (25,0%)	7.1	24.5	6.18	1.5
6-Semesters (8,3%)	8.0	21.5	6.29	0.5
8 or more (8,3%)	6.5	38.5	5.71	1.0

From the obtained results, and taking into account the average marks for the entire degree, we have observed a slight increase in the POST period (Average: 6.27), relative to the PRE period (Av: 5.99). A detailed analysis of these results in relation to the number of semesters required to complete the FDP revealed:

- No statistically significant differences for two semesters ($p = 0.51$).
- A statistically significant difference between students that took up to four semesters to complete the FDP ($p = 0.036$).

- No statistically significant differences among students that worked on their FDP across six or more semesters ($p = 0.77$).

This data allows us to assert that the change of the teaching plan has had a small positive effect on the students' academic performance. In this regard, the academic performance of the students that took the courses in the PRE and POST stage shows certain homogeneity. However, the clear increase in the marks awarded for the FDP demonstrates that the new model (POST), which incorporated the normative of the technical code and many other criteria for the project submission, ensured that students were better guided through the process of project realization, which culminated in a higher final mark.

Analyzing the correlation between the studied variables, and the relationship between the average marks for the degree and the final FDP mark, we can see that marks increased in the second studied period (from 0.71 in the PRE period, to 0.78 in the POST period). Another relevant finding, as shown in Table 3 and 4, is that the highest mark is always obtained when the FDP is finished within the scheduled timeframe (two semesters). When students take longer time to complete the FDP, the grade received declines with the project duration. We can correlate this result with a decrease in the number of corrections and likely student fatigue.

Finally, in the case of the POST stage students, we have analyzed the relation between the final FDP mark and the number of corrections by semester (Table 5).

Table 5. POST stage. Final mark as a function of the number of corrections.

Number of corrections based on the FDP semesters	Final Mark				
	6	7	8	9	10
2-Sem (CN)	17.5	18.0	15	16	17.5
4-Sem (CN)	24.0	20.6	30.5	-	-
6-Sem (CN)	-	-	24.0	31.0	-
8-Sem (CN)	53.0	-	-	-	-

The obtained data demonstrate again that a higher number of corrections does not lead to a better final mark, but rather suggests student's lack of knowledge or perceived project difficulty. The results reported here demonstrate that 16 to 17 corrections were required per semester by a "regular" student. Thus, we posit that this pace of work yields better FDP outcome.

5. CONCLUSIONS AND FUTURE LINES

In this paper, we presented the content, as well as methodological and conceptual evolution of the final degree project, which were analyzed in the context of two periods related to the Building Engineering degree studies. We have also identified variables and presented some initial analyses that relate students' academic results with the compulsory adaptation of regulated training sector changes. In addition, we have identified other circumstances that likely affected the FDP results, namely students' personal circumstances and the incorporation of the technical code. Those additions pertained to the project regulation and the construction process, the expansion of technical requirements, and ultimately more guidelines for the project and its management. These new concepts are believed to assist students in completing their work.

It is clear that the economic framework has affected both the construction and the education sectors, resulting in a renewed motivation for the search of excellence in an increasingly competitive society. Owing to the approach defined within the Academic Analytics, we have identified the main indicators of study and, in the future, we will analyze in detail their interrelation to propose improvements affecting the FDP, capabilities of students and hence labor incorporation.

Considering the results reported here, we can conclude that the higher success rate (as indicated by the final mark), is obtained for FDPs in the field of rehabilitation, when completed in two semesters. However, we also revealed that various aspects should be modified and improved, which should be attempted as a part of a much broader investigation. In this direction, the steps taken must be aligned with the phases of Learning Analytics, and the proposed changes should focus on improving the content and methodology of the final degree projects in the field of management, which should follow the direction of the construction and building engineering industry. In a future work, and in order to improve the interpretation of the indicators relation, we will study the FDP factors using a multiple regression analysis with two/three independent variables and the FDP as dependent variable, in order to be predicted in function of the other factors.

6. REFERENCES

- [1] Duval, E., and Verbert, K. 2012. Learning Analytics. *eleed*, 8.
- [2] Hernández-García, A., Conde, M.A., 2014. Dealing with complexity: educational data and tools for learning analytics. *In Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM '14)*. ACM, New York, NY, USA, 263-268. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2669711.2669909>
- [3] «BOE» núm. 260, de 30/10/2007. Real Decreto 1393/2007, 28/10/2007. Ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. Departamento: Ministerio de Educación y Ciencia.
- [4] «BOE» núm. 312, ORDEN ECI /3855/2007, 29/12/2007 Requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico. Departamento: Ministerio de Educación y Ciencia.
- [5] Portabales Pichel, A. 1945, Los verdaderos artífices del Escorial y el estilo indebidamente llamado Herreriano, Gráfica Literaria, Madrid.
- [6] Arenas Cabello, F. J. 2005, "La titulación de aparejador. Evolución histórica de sus atribuciones profesionales: desde el Decreto Lujan de 1855 hasta la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación", Boletín de la Facultad de Derecho. UNED, vol. 26, pp. 15-31.
- [7] «BOE» núm. 44, Real Decreto 265/1971, 20/02/1971, Facultades y competencias profesionales de los arquitectos técnicos. Vigentes solo los artículos 1 y 2b (salvo el apartado 2) y 3. Departamento: Ministerio de Vivienda
- [8] Oliver Faubel, I. TESIS DOCTORAL; Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta. 10/2015, Escuela Técnica Superior de Arquitectura-Universitat Politècnica de València.
- [9] Decreto de 16 de julio de 1935, Regulación de las atribuciones de la carrera de aparejador. Departamento: Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes. Gaceta de Madrid
- [10] Libro Blanco Título de grado en Ingeniería de la Edificación. 11/2004. Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación. ANECA.
- [11] Guia académica La Salle. Asignatura Proyecto final de grado en ETSALS, Curso académico 2015-16. Referencia: http://www.salleurl.edu/WCM_Front/Formaciones/Pestanyes/_FHq0KEgb-SQ8r7JBEag5ooPB6h93h7kGtLd18dSKeha5LKvLQ8KH2d_arpbWIEppS3tZVgV-HdbBcBbzuy7MgC6qbZpwz39Xu4-hWPj-QFKRJ-FwuPkkw
- [12] «BOE» núm. 266, 06/11/1999. Ley 38/1999. Código Técnico de la Edificación (CTE) Departamento: Jefatura de Estado.
- [13] Fonseca, D., Climent, A., Vicent, L., Canaleta, X. 2016. Learning4Work. Designing a New Evaluation System Based on Scenario Centered Curriculum. Methodology: The Pre-test. *Lecture Notes in Computer Science* 9753, (July. 2016), 1-11. DOI=10.1007/978-3-319-39483-1_1
- [14] Fonseca, D., Redondo, E., Villagrasa, S. 2015. Mixed-methods research: a new approach to evaluating the motivation and satisfaction of university students using advanced visual technologies. *Universal Access in the Information Society*, 14 (3), 311-332. DOI= 10.1007/s10209-014-0361-4
- [15] Redondo, E., Giménez, L., Valls, F., Navarro, I., Fonseca, D., Villagrasa, S. 2015. High vs. low intensity courses: student technological behavior. *In Proceedings of the 3rd International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*. 77-82. DOI= 10.1145/2808580.2808593
- [16] Long, P., and Siemens, G. 2011. Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *EDUCAUSE Review* 46 (September-October 2011), 31–40.
- [17] Conde, M.A., & Hernández-García, A., 2013. A promised land for educational decision-making?: present and future of learning analytics. *In Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality (TEEM '13)*, Francisco José García-Peñalvo (Ed.). ACM, New York, NY, USA, 239-243. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2536536.2536573>
- [18] Johnson, L., Adams, S. and Cummins, M. 2012. *The NMC Horizon Report: 2012 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- [19] Ferguson, R. 2012. *The State Of Learning Analytics in 2012: A Review and Future Challenges*. Technical Report KMI-12-01, Knowledge Media Institute, The Open University, UK.
- [20] Goldstein, P. J., & Katz, R. N. 2005. *Academic analytics: The uses of management information and technology in higher education*. EDUCASE Vol.8.
- [21] Siemens, G., & Long, P. (2011). Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *EDUCAUSE review*, 46(5), 30

Relationship between Specific Professional Competences and Learning Activities of the Building and Construction Engineering Degree Final Project

ENRIC PEÑA, DAVID FONSECA and NURIA MARTÍ

La Salle, Ramon Llull University, c/Sant Joan de la Salle 42, 08022, Barcelona, Spain.

Email: {enricp, nmarti, fonsi}@salle.url.edu

JOSÉ FERRÁNDIZ

Department of Architectural, American University of Ras Al Khaimah (AURAK), Sheikh Saqr Bin Khalid Rd - Ras al Khaimah, UAE.

Email: jose.ferrandiz@aurak.ac.ae

This paper presents a study in the framework of Building and Construction Engineering Degree. The aim of our proposal is to discuss if the academic activities comprising the Final Degree Project (FDP) are corrected, balanced and adapted in order to maximize the acquisition of the competences identified by the professional sector through two rounds of quantitative surveys (data also presented in this paper). Due to the economic and construction crises and the decreasing number of students in this sector, it is essential to ensure that future professionals are trained in a specific way to meet the current needs of the sector. Based on our assumption, the data obtained in the surveys, and the analytic approach of the main academic indicators, we propose new relations and FDP evaluation methods that would align the student's curriculum with the current professional needs. The obtained results reveal the need of changes in the current FDP structure in order to give more importance to certain learning activities identified as essential at the professional level. With our proposal, we will improve the FDP evaluation, and the student competences acquisition, in order to adapt them to the professional needs.

Keywords: Building engineering studies; academic and professional competences; learning indicators; educational assessment; academic analytics.

1. Introduction

This article is based on an investigation aimed at identifying the fundamental variables that should comprise the Final Degree Project (FDP) of the Building and Construction Engineering degree in order to improve students' professional competences. The motivation of this study is based on the current situation of the Engineering and Construction sector in Spain. Because of the economic crisis started in 2007-2008, there has been downsizing in the labor market within this sector, which adds to the drastic drop in number of undergraduate students in the sector of architecture and construction engineering. Due to these factors, it is necessary to make adjustments in the academic plans in order to adapt them to the needs of the labor market, thus optimizing their incorporation in a changing and highly technical training.

The Building and Construction Engineering degree is exclusive to Spain, and has been restructured since the implementation of the Bologna plan [1], which involved several changes in its name, along with adaptations of each department and the course component in order to align the academic plans with the Bologna principles [2]. As it happens at the level of global degrees, the majority of subjects focus on imparting closed concepts. The content modifications always have a certain administrative complexity (lack of time, budget) and technical (reluctance of the faculty members to modify the content of the subjects). But something that differentiates this degree is that it enables students to have a profession with very specific attributions within the framework of construction engineering. For this reason, it is necessary that the FDP is located at the end of the studies and it should be updated, as it integrates the skills assessment that a professional must have in this sector. The FDP needs to be adapted to the constructive needs of today's society, and therefore, it is necessary to guide and evaluate how processes of change and update can be carried out.

The first main objective of this paper is to identify the principal competences demanded by the professional sector and formally relate them to the learning objectives defined for the FDP assessment. These relationships establish a new method for identifying, incorporating and analyzing both learning and academic objectives in order to improve the way that students acquire skills and competences during their Building and Construction Engineering undergraduate studies in Spain. Every institution that offers this degree employs staff exhibiting substantial differences in the abilities and competences, which are also reflected in the adopted systems and curricula. These differences are due to the numerous interpretations of professional

and/or territorial requirements, an approach that will be presented in this paper based on extant data [3], and discussed using new data from a new study developed in the context of the current project.

The second main objective is to continue an analytic work started in [4], that is located in the first stage within the three main levels of academic analytics, that can be described as: identification and categorization of learning indicators, explanation of learning and teaching behaviors; and adaptive correction of the learning processes.

Section 2 (Presentation) of this paper includes an overview of the academic and professional context of the Building and Construction Engineering studies in Spain, along with the characteristics of learning and academic analytics approaches used to analyze the educational data that affects the FDP student development. As detailed discussions of this data can be found elsewhere [4], for brevity, we will focus only on the basic information obtained from [3] in order to establish a preliminary link between variables. The data yielded by a new survey was used in order to validate the previous findings, as well as identify changes that need to be made in the FDP structure and assessment methods. As explained in Section 3 (Discussion), the aim is to improve the students' academic level and prepare them for the professional career. Section 4 provides the final discussion of the study findings, while the main conclusions of the research are presented in Section 5.

2. Presentation

2.1 Academic and professional framework of Building and Construction Engineering Degree in Spain

At present, the Building and Construction Engineering profession in Spain is regulated by the current legislation, and each professional requires a current degree title in order to work (as provided in art. 12.9 of the RD 1393/07 according to the established conditions in the minister council proposal of 14.12.2007). The requirements of the study plans that should be followed by institutions offering a technical architect degree must meet the ECI/3855/2007 order issued on December 27th [5].

The first references to the Quantity Surveyor profession (known as “Aparejador” in Spain) can be traced to the construction of the Monastery of San Lorenzo del Escorial in 1562 [6], which was at the time performed by the construction manager. It was not until the publishing of the Royal Order of January 24th, 1855 and the Lujan decree that the profession was officially denoted as *Aparejador* [7]. Such nomenclature persisted until 1971 (Royal Decree 265/1971) [8], when the Building and Construction Engineering competences were established and regulated [9]. According to these regulations, the *Aparejador* should possess knowledge, skills and aptitudes that would allow him/her “To inspect with proper assiduity the material execution of the construction process, being his responsibility for it to develop according to the project and the right construction practices” [10].

However, owing to the rapid technological changes and the increasing demand for more complex and innovative structures, the role of the *Aparejador* has become much more diverse and carries a much greater responsibility. In line with the ECI Learning Goals (LG#) [5], our FDP presently comprises of the following components:

- Learning Goal 1 (LG1): Directing the material execution of building construction projects, their facilities and elements, along with carrying out the quantitative and qualitative control of the construction. This goal also pertains to the management of control plans of materials and systems and execution of the work, as well as drawing up the corresponding records for inclusion in the technical book of the building. The work related to this goal culminates in taking control of the work by performing the certifications and the liquidation of the project.
- Learning Goal 2 (LG2): For this goal, the student must prepare studies, security plans, and occupational health and safety plans. In addition, he/she is responsible for coordinating the activities of the companies in charge of behavioral safety in construction places, both in the design and the implementation phase.
- Learning Goal 3 (LG3): This goal requires the student to carry out technical activities of calculation, measurements, valuations, appraisals and economic feasibility studies. The student is also responsible for conducting surveys, inspections, and analysis of pathologies and other problems of similar nature, and must draft all relevant reports, opinions and technical documents. As a part of this goal attainment, the student must also design the layouts of plot and buildings.
- Learning Goal 4 (LG4): This goal focuses on developing technical projects and exercising the direction of building construction projects in the field of legal empowerment.
- Learning Goal 5 (LG5): To attain this goal, students are required to manage the new building technologies and participate in the quality management initiatives. They must also carry out analyses, assessments and certifications for energy consumption, as well as sustainability studies.
- Learning Goal 6 (LG6): As a part of this goal, students must demonstrate strong capacity to manage the use, conservation and maintenance of the buildings, and are also responsible for drafting the basic technical documents. Studies of the lifecycle of materials, construction systems, and buildings are also part of this goal attainment process, as is demonstrable ability to manage the treatment of waste in the construction and demolition of buildings.

- Learning Goal 7 (LG7): This goal is attained when the student can provide technical advice in relation to the processes employed in the manufacture of elements and materials used in the construction of buildings.
- Learning Goal 8 (LG8): Finally, as a part of this goal, students must demonstrate ability to manage the real estate process as a whole. In addition, they should be able to provide technical representations of the construction companies in building construction works.

These LG will be later related with the variables identified in the study in order to propose improvements to the current FDP assessment method.

2.2 Assessing training: Academic Analytics

As we have previously explained, the research focuses on identifying and quantifying the academic variables that affect the development of the FDP, along with the learning activities currently defined in the FDP, and the professional competences that are most demanded by the sector. Once the identification and quantification process has been completed, a new relationship and proposal will be established to improve the current FDP in order to adapt it to the current market needs. While the data of the competences will be extracted by studying the data obtained from the surveys presented in section 3.3, the study that the learning activities and academic variables have or should have in the development of the FDP, is a work that we can circumscribe in the field of evaluation and analysis of the teaching activities.

While no specific definitions are provided in the academic context, training assessment can be understood as “the process of evaluating and analyzing organization data received from university systems for reporting and decision making reasons” [11]. In line with this definition, Learning Analytics has emerged as a means of assessing knowledge attainment in relation to specific learning objectives. In most cases, it is based on the evaluation of learning outcomes achieved at the end of training (based on the effectiveness of training, where objectives, content and design of training become the object of evaluation). Ferguson defined Learning Analytics as “the measurement, collection, analysis and reporting of data about learners and their contexts, for purposes of understanding and optimizing learning and the environments in which it occurs” [12, 13].

In addition to Learning Analytics, Academic Analytics are employed to analyze the training process in all the educational stages, including those preceding the training initiatives and their outcomes. As a part of this process, the variables that might have influenced the effectiveness of training activities are identified and their contribution to the outcomes evaluated [14]. Academic Analytics is a mixture process for providing higher education institutions with the data necessary to support operational and financial decision-making [15]. We can assume that under the Educational Data Mining [16], exists the global idea that supports both Learning and Academic Analytics. While Learning Analytics are focused on the course-level and departmental data (in order to improve the students and the faculty), Academic Analytics are more focused on other indicators [13], clearly related with to main topics of our research:

- Learner profiles, performance of academics, and knowledge flow: As we will later develop, one of the first aspects studied [4] has been the compilation of data based on the students profile, their academic performance and the workflow associated with the activities of the FDP. In the present work, the previous data will be analyzed in order to delimit the optimal typology of FDP and its better follow-up.
- Comparisons between different learning systems (institutional, regional or national/international levels): Clearly, this aspect is integrated into our research. Thanks to the replication of the survey and the comparison of results presented in this article (see section 3.3), the results of the key competences to be developed in the FDP are compared at regional and institutional level.

In both research and practice, Learning/Academic Analytics have demonstrated their utility in identifying variables that influence learning outcomes and establish relationships between specific competences and educational methodologies and curriculum structures [17]. It is adopted when evaluating education and/or training programs, because it can identify the system’s strengths and weaknesses. Moreover, regular assessments allow monitoring resource use, while also empowering the stakeholders. Similarly, assessments should be performed when the need for a change has been identified, as this allows identification of the most pertinent issues. Regular assessments should be conducted following a system change in order to ensure that it has indeed occurred and measure its effects in both the institutional and social context [18].

The Building and Construction Engineering studies have suffered a serious crisis of students in the last decade (2007-2017), being able to classify the causes due to changes within the European Higher Education Area (EHEA, with a changes in the duration and name of the degree), the changes of the Technical Code of Edification (TCE [19]), and other social/economic factors, as the construction sector crisis. For all these reasons, it is necessary to study and establish new relationships between the academic indicators, which Academic Analytics framework defines, and that are related with the FDP, the last activity before the start of their professional life.

3. Case study

In the following sub-sections, we will focus on the input variables of our study. Our discussion commences with the key features of the FDP presently adopted in the Superior Technical School of Architecture of La Salle (*Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle*, henceforth referred to as ETSALS). Next, we will relate each of the previously outlined learning goals with specific activities, exercises and learning objectives with the aim of weighting on the basis of monitoring and correcting. We presented our initial results at the International Conference Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturalism (TEEM 16, [4]), where specific student variables were related to the process of developing the FDP, as well as to the final mark and their future preparation. In the last two sub-sections, we present the results yielded by analyzing the responses to the external professional survey, as well as those conducted at the domestic level. The information obtained through this process allows us to categorize the professional skills demanded by the sector, as well as establish their relationship with the LGs currently set out in the FDP of ETSALS.

3.1 Characteristics of the FDP at ETSALS

Since the year 2000, when the FDP was first incorporated into our engineering studies curriculum, several changes have been made. Nevertheless, equipping the students with skills and knowledge needed to solve technical and economic problems they would encounter in their professional sector remained our ultimate goal. Thus, to test the students' readiness to adopt a professional role, as a part of the FDP, they are required to demonstrate the knowledge gained as a part of the course through an execution of a practical project, in line with the current standards and practices of the profession. By the time students are given the project, they should be ready to utilize the information obtained during the degree and transform it into final decisions. The project's development methodology is structured in accordance with the initial problem that needs to be solved. This project is developed concerning the technical, legal and economic aspects, usually leading to a complete executive project.

The FDP encompasses different learning goals (LGs), which are aligned with the professional tasks performed as a part of a real project, such as security and quality controls, pacification and realization of a maintenance plan [19]. For their evaluation, we have designed different activities/content/learning exercises linked to each LG. These exercises or tasks relate to specific project objectives. According to the current regulations, the FDP aims to accomplish the following learning goals:

- LG1: Ability to conduct quality control exercises, economic certifications, measurement and control of the total project cost, according to which the work should be scheduled and planned.
- LG2: Competence in conducting health and safety controls.
- LG3: Calculation of facilities and structures, lifting of the current state of the work and study of injuries, topographic and geotechnical study.
- LG4: Development of executive projects and specifications.
- LG5: Energetic efficiency studies, along with research into new technologies and planning of the FDP.
- LG6: Use and maintenance of plans, as well as study of the environmental criteria and waste management.
- LG7: Elaboration of construction details and case studies of constructive systems.
- LG8: Ability to perform historical background and feasibility studies, as well as manage grants and subsidies, and perform audits of prior documentation.

For the evaluation of the FDP in terms of these specific objectives, as well as for grading the final presentation, the template shown in Figure1 is used.

BUILDING ENGINEERING DEGREE								
Assignment of Learning Goals of FDP								
STUDENT:			YEAR:					
PROJECT TITLE:								
Learning Goal (ECI_3855_2007)	CONTENTS	MARK	30%	30%	40%			
1	Quality control exercises	5,5	5,8	5,0	6			
	Measurement	6						
	Economic certifications	5						
	Total cost	6						
	Working planning	6,5						
2	Health and safety exercises	3	3,0	5,0	6			
3	Facilities	6	5,7	6,0	6			
	Structures calculation	4						
	Injuries studies	5						
	Lifting of the current state	5						
	Topographic	7						
Geotechnical study	7							
4	Executive project	5	5,5	5,0	6			
	Specifications	6						
5	Energetic efficiency studies	6	5,0	5,0	6			
	Research in new technologies	5						
	Personal planning	4						
6	Use plan	5	5,8	5,0	6			
	Environmental criteria	6,5						
	Waste management	6						
7	Construction details	5	6,8	5,0	6			
	Case studies of constructive systems	8,5						
8	Feasibility studies	6	5,0	5,0	6			
	Manage grants and subsidies	4						
	Audit	4						
	Historical background	6						
FINAL MARK		5,6			5,2	6	MARK	6

Figure 1. Example of the template used for the FDP evaluation.

The methodological approach adopted in the present study is based on the official records of the Grade approved by ANECA (Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación). The different criteria used by the evaluators are provided in a mark-table, which is subjected to lineal parameterization in order to obtain the final FDP grade for each student. The current system utilized in the FDP evaluation is based on [20]:

- FDP-A: 30% of the overall mark: Project's rigor and the quality of the documentation presented by the student. (LG 1-8)
- FDP-B: 30%: The corrections made on the work. (LG 1-8)
- FDP-C: 40%: The project defense in front of the university panel. (LG 1-8)

In each of these categories, the student's contribution can be rated as excellent, good, fair or failed. An example of headings corresponding to the assessments pertaining to the first group (FDP-A) is shown in Figure 2, where the shaded box indicates that it is obligatory to reach the pass level.

TFG-LG [1-8]	Excellent	Good	Fair	Fail
Quality of the documentation submitted by the students: (3 points)	El FDP developed by the student has:			
	All the items, with a good structure, redaction and tools for a correct management of the project (3 points)	All the items, but with some lack in one or more of them (2'25 points)	All the items, but with some lack or significant errors in one or more of them (1'5 points)	Great lack and errors in one or more of them (0'5 points)

Figure 2 Example of FDP-A heading.

On the other hand, a significant portion of the final grade is based on the record of the mandatory monthly corrections (10 at the minimum, although their number usually exceeds 20). This activity is assessed under FDP-B, which comprises of a series of sections pertaining to specific activities. As a part of the mandatory corrections, the advisors not only provide valuable feedback on the student's work, but also evaluate the degree to which their prior comments and suggestions had been incorporated, especially the recommendations pertaining to the technical quality of the work and the methodology used. During the corrections that are performed in class, the team of teachers focuses on the following aspects:

- The personal planning of the work
- The application of the knowledge obtained during the course
- The ability of the student to conduct research and incorporate the findings into the project work
- The student's capacity for synthesis and the level of objectivity
- The student's attitude toward the work and challenges encountered in the process of project development

In a previous phase [4], we have analyzed two periods: 2004-2007 (PRE Bologna stage), and 2012-2015 (POST Bologna stage). They were chosen as they reflect the systems in place before and after the implementation of the European Superior Space Training. From the point of view of the project, the synthesized data that characterizes the type and the Final Mark obtained (FM) is summarized in Table 1.

Table 1. Typology of FDP and the Final Mark Average

<i>Theme</i>	Pre # 32 (2005-07)		Post # 24 (2013-15)	
	%	FM		FM
New building	31.2	6.4	45	7.2
Rehabilitation	50.0	6.6	50	8.4
Without data	18.7	7.0	5	8.0
With basic project	25.0	-	45	-

Although we were unable to clarify some data pertaining to the PRE phase, the typology of FDP in both stages seems fairly balanced and is largely similar. To estimate the probability that results are significantly similar, we used the Student's t-test, and tested a null hypothesis (H_0) that there are no differences in scores between variables. While, in the initial period, no significant differences between the grades according to the type of project were noted, in the POST period, we found a statically significant difference between projects focusing on a new construction and those pertaining to rehabilitation. As $P(T) = p$ two-tailed is 0.02, which is less than the threshold of 0.05, this means that there is a very high probability that the results are different.

We also analyzed the data pertaining to the project type, and our findings are presented in Table 2 in the form of the final mark obtained by the student (FM, Final Mark), the number of corrections that were made (CN, Correction Number) and the period (S, Semester) in which the work was developed:

Table 2. Final Grade, number of corrections, and number of subjects as a function of the FDP typology.

<i>FDP Theme</i>	Pre			Post		
	FM	CN	S	FM	CN	S
New building	6.40	14.50	3.4	7.18	22.27	4.0
Rehabilitation	6.62	12.25	3.2	8.41	18.75	2.6
Without data	7.00	11.66	3.6	8.00	25.00	3.0
TOTAL	6.67	12.63	3.4	7.86	22.00	3.2

Comparing the results obtained in the two periods, an increase in the final FDP mark is evident. More specifically, while the overall mark in the PRE period was 6.67, it increased to 7.86 in the POST period, which is a statistically significant difference ($p = 0.0006$). These findings pertain to all project types and all individuals. We postulate that two factors influenced these discrepancies: the student profile or the new methodology used for the tracking the FDP. The greatest novelty of the new methodology stems from the new typology of corrections and the technical code tracking (at least in the first year), as can be seen in Table 2.

As recognized, the number of corrections that the student has done during the work is the key measure of the work performed during the FDP development. Consequently, we have analyzed the relationship between the final FDP mark and the number of corrections that were made in each semester, and the results are shown in Table 3.

Table 3. Final mark as a function of the number of corrections (CN).

<i>Number of corrections based on the FDP semesters</i>	Final Mark				
	6	7	8	9	10
2-Sem (CN)	17.5	18.0	15	16	17.5
4-Sem (CN)	24.0	20.6	30.5	-	-
6-Sem (CN)	-	-	24.0	31.0	-
8-Sem (CN)	53.0	-	-	-	-

The data shown in Table 3 indicates that a higher number of corrections does not correspond to a better final mark, but rather suggests student's lack of knowledge or perceived project difficulty. In this specific case, 16 to 17 corrections were required per semester by a "regular" student. Thus, we posit that this pace of work yields better FDP outcome.

The project assessment culminates with the oral defense (the assessment group identified as FDP-C), as a part of which the student presents the work on the project and its key outcomes.

3.2 Analytic approach of student profile and FDP variables

This project is grounded in the findings yielded on a previous phase, where we started identifying the specific factors (both academic and those of personal nature) that can affect the FDP development and the final grade obtained. As a part of that investigation, we have identified and compared different indicators belonging to two academic periods based on the final projects presented to the board of examiners. Throughout the training process, links between the identified variables and the blocks defined by ANECA [21] were made, focusing on:

- The typology and theme on which the project will be based: New construction or rehabilitation, and research and technology
- Time invested into project development (if spanning two or more semesters)
- Aspects or variables directly related to the personal situation of the student: if the student was employed while developing the project, and the number of other subjects studied alongside the project development
- Issues related to the logistics of the classes: e.g., the number of corrections requested throughout the development of the project
- The variables directly related to the student's academic performance: The student's academic performance in general, and the mark received for the FDP in particular

From the results obtained [4], it is evident that both the construction and the education sector had been affected by the recent economic downturn, which has resulted in a renewed motivation for the search of excellence in an increasingly competitive society. Comparing the results obtained in the two periods studied (2004–2007 vs. 2012–2015), it is evident that the final FDP mark increased from 6.67 to 7.86, which is a statistically significant difference ($p = 0.0006$), as we have seen in the previous section.

Considering all the results reported in our previous study, the higher success rate (as indicated by the final mark), is obtained for FDPs in the field of rehabilitation, when it was completed in two semesters. Taking into account these results, and following the future lines described in [4], multiple regression analyses were conducted. Using this approach, we can study the relationship between two independent variables (the average grade obtained in the course and the number of corrections required for the FDP completion), and the FDP final mark as the dependent variable. The main aim of this study is to identify the correlation between the main variables observed that affect the FDP mark. We have selected 24 FDPs submitted in the second period (2013-2015), as described in [4]. This resulted in the following model:

$$\text{FDP (Y, Final Mark)} = -5.808 + 2.315(\text{Degree average}) - 0.019(\text{Number of FDP corrections})$$

Analyzing the model obtained and based on the null hypothesis (H_0) that the FDP is not influenced by the independent variables, the result of the F critical value ($p = 0.002$) indicates that the variables are significantly interrelated, as confirmed by a residue of 0.982, which is below the critical level of three [22, 23]. On the other hand, the coefficient of determination (R^2), which measures the goodness of model fit, at 0.5003, is at the lower limit indicating acceptable fit to the data [23].

The model obtained indicates that only 50% of the grade received for the FDP is explained by the independent variables. The result suggests significant influence of the grade by other variables not studied in our project, and that can be identified in future works.

Using the current system of FDP evaluation, based on the ponderation of FDP_A, B, and C explained in the previous section, the regression model obtained is:

$$\text{FDP (Y, Final Mark)} = 0.23 + 0.02*(\text{FDP_A}) + 0.13*(\text{FDP_B}) + 0.81*(\text{FDP_C})$$

Certainly (we are using the same variables that generate the FDP), the result of the F critical value ($p = 0.000$) indicates that the variables are significantly interrelated, and the coefficient of determination (R^2), which measures the value of model fit at 0.9911. To summarize, we can affirm that FDP_C activity (the project defense) is the main component that affects the FDP mark, as we can see in the model, but we also need to assess the weight of this mark supported by the different learning goals (LGs). Currently, half of the eight learning goals weigh the 75% of the mark (LG1, 3, 4, and 7), and even the LG1 and LG3 reach the 45%.

This analytic approach has allowed us to identify the variables and the learning activities with more influence in the FDP. In future phases, it would be interesting to continue studying and modifying (in necessary cases) the weight of the activities, according the results of the next section, where we have identified and classified the main professional competences that FDP needs to incorporate.

3.3 Professional survey (Pre-Data)

The survey that provided the data pertinent to the present study was conducted by the Polytechnic University of Madrid (Technical School of Construction), and it was reviewed and validated by the Commission of the Conference of Directors of Building Engineering of Spain (CODATIE) [24]. The objective of analyzing the survey data was to identify the expectations of the businesses and the professional sector in order to improve the methodology of Building and Construction Engineering studies. As a starting point, the preparation and skills of today's students was assessed. The survey analyzes 22 variables, 15 specific (C#), and seven generic (GC#) competences that we have listed and presented in this section. The representatives of the companies included in the survey were required to rate each statement on a Likert scale ranging from 1 to 5. In addition, students were asked to complete the same survey in order to compare their responses (which reflected their perceptions of the level of preparation received) with the importance that companies give to the same competences.

The professional sample comprised of 92 companies, 72% of which were from engineering and architecture sector, and the remaining 28% were construction firms. Moreover, 93% of the participating firms were medium/small enterprises, and only 7% could be defined as big firms. When responding to the survey, the study participants were asked to evaluate specific competencies (C#), which are shown below, arranged by their relative importance (from the highest to the lowest) as determined by the professional world:

- C1: Knowledge of the basic principles of the legal system in the construction and the management regulatory framework and urban discipline
- C2: Knowledge of the basic principles of the company's organization, the work organization, the production systems, and financial plans. Ability to perform market surveys, valuations, appraisals and real estate feasibility studies
- C3: Capability to carry out the design, execution and maintenance of facilities
- C4: Ability to apply knowledge of basic subjects (mathematics, statistics, mechanics, heat, electricity, acoustics, chemistry, and fluid mechanics) in the building context
- C5: Aptitude for the calculation of structures and for directing their material execution
- C6: Knowledge of the specific prevention regulations and the aptitude for drafting occupational safety, health plans, and building evacuation projects
- C7: Capacity to assess the environmental impact and energy efficiency of buildings
- C8: Aptitude for quality control management in the projects and the management of the quality of the companies
- C9: Knowledge of constructive technologies and systems characteristics, their evolution and specific procedures for the control of project execution
- C10: Knowledge of the characteristics of the building materials and the ability to set quality control standards
- C11: Capability to schedule and arrange construction processes
- C12: Aptitude for writing technical projects and documentation required for a project execution, according to regulations, as well as awareness of administrative procedures, management and processing in the building
- C13: Ability to intervene in the rehabilitation of buildings, make proposals to prevent or resolve constructive pathologies and develop manuals and maintenance plans
- C14: Proficient use of graphic representation techniques pertinent to the construction processes, as well as capacity for producing drawings and conducting geometric control of the project
- C15: Capability to analyze and control costs of the construction process and prepare budgets

In Figure 3, the importance given by the companies to the competencies described above is contrasted with the level of preparation perceived by the students.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	Average
Professional importance	3,5	3,5	3,6	3,6	3,9	4,1	4,1	4,2	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	4,13
University preparation	3	2,8	2,4	3,1	2,7	2,8	2,5	2,9	2,9	3,1	2,9	2,7	2,9	3,6	2,6	2,86

Figure 3 Specific competences average of Pre-study.

Using the same template, both students and company representatives were asked to rate the importance of certain generic skills. The labels used to display the results (GC#: Generic Competences) and their related competences are shown below, in descending order based on the relative importance:

- GC1: Foreign language proficiency
- GC2: Capacity of entrepreneurship and innovation
- GC3: Awareness of the importance of sustainability and social commitment
- GC4: Ability to utilize information resources
- GC5: Capacity for autonomous learning
- GC6: Effective oral and written communication
- GC7: Ability to work in teams

Comparative analysis of the generic competences yielded results summarized in Figure 4.

	GC1	GC2	GC3	GC4	GC5	GC6	GC7	Average
Professional importance	3,5	4,05	4,17	4,34	4,34	4,41	4,57	4.20
University preparation	3	2,77	2,37	3,11	2,75	2,88	2,5	2.77

Figure 4. Generic competences average of Pre-study.

While competences listed above are only a subsection of the skills necessary for successful execution of practical projects, they were selected in order to facilitate comparative analysis. Our qualitative study identified 15 specific and further 7 generic competencies, which should be taken into account in the design of the Building Engineering Degree curriculum. Moreover, as the expectations from the industry do not align with the students' competency levels, there is a clear need to revise the current approach to their education. The main conclusion is that students possess theoretical knowledge but lack practical skills, as well as training on topics such as sustainability, management of the construction process, and the drafting of technical projects. In particular, a much greater focus should be given to the graphical representation through technological systems, such as Building Information Modelling (BIM).

It is also noteworthy that, while professionals identified five core competencies (C11 to C15), as shown in Figure 3, students recognized only C14 as the one in which their training was adequate, while C15 was among the three competencies rated the lowest in terms of the preparation obtained. This pattern emerged when generic competencies were analyzed (see Figure 4). This imbalance leads us to the realization that the current training and learning activities do not align with the professional needs of the sector.

3.4 Survey replication (Post-Data)

In order to identify the specific FDP activities that should be modified in order to equip the students with the professional skills deemed necessary by the industry specialists, we have conducted a replication survey to which 190 individuals responded, comprising of:

- 86 professionals (Average Age: 47.72, SD = 10.71, of whom 46 were self-employed, 31 worked for a private company, and 9 were public administration officials)
- 18 course instructors (that can also be considered professionals; AV: 49.53, SD: 10.20)
- 86 graduates or students (AV: 31.61, SD: 5.56, 27 of whom were still studying for a degree).

The results yielded by analyzing their survey responses are presented in Figure 5, where they are sorted based on the criteria of the first survey.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	Average
Professional importance (Post)	3,70	3,91	3,63	4,06	3,70	3,75	4,14	3,91	4,31	4,13	4,27	4,16	4,51	4,40	4,20	4,05
Standard Deviation	0,98	0,93	0,98	1,00	0,91	1,06	0,94	0,94	0,82	0,94	0,77	0,78	0,70	0,86	0,83	0,90
University preparation (Post)	3,11	2,84	3,38	3,51	3,63	3,49	3,09	3,42	3,73	3,72	3,69	3,53	3,39	4,17	3,84	3,50
Standard Deviation	1,07	1,25	0,97	0,91	0,86	1,00	1,26	1,06	1,04	1,03	0,84	1,17	1,22	0,88	1,03	1,04

Figure 5. Specific competences average of Post-study.

To compare the results of the original and the replication survey, we have separated the responses provided by the professionals (Figure 6) from those provided by the students (Figure 7).

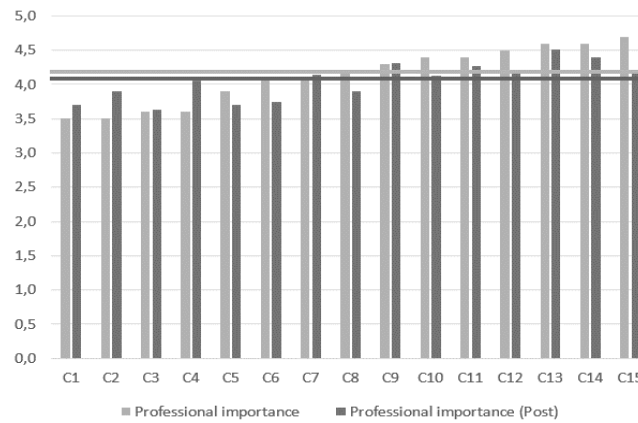


Figure 6. Comparison of specific competences (professional view) between studies (Pre and Post-data)

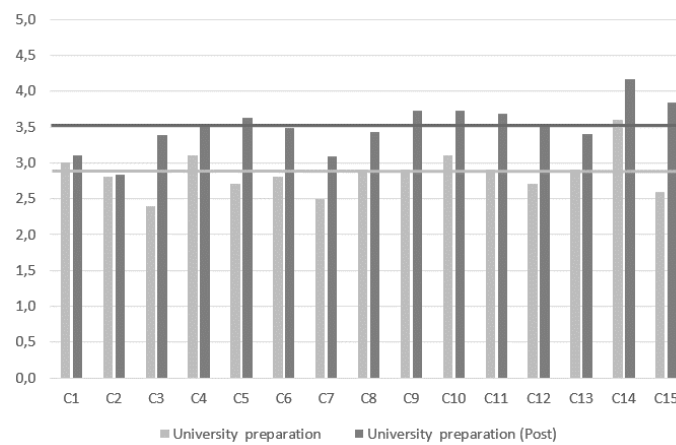


Figure 7. Comparison of specific competences (students view) between studies (Pre and Post-data)

To estimate the probability that results are significantly similar, we conducted the Student’s t-test, which was applied to the null hypothesis (H_0) that there are no differences in scores between variables. The findings revealed no statistically significant differences between professionals’ responses given in the initial and the replication survey ($P(T) = p$ two-tailed is 0.532). On the other hand, a statically significant difference in the responses given by the students in the two surveys were noted ($P(T) = p$ two-tailed is 0.000). Our students perceive a better significance preparation (average of 3.50), than the students consulted in the first study (Av: 2.86).

On the other hand, in Figure 8, we can observe the distribution of the survey results pertaining to generic competences.

	GC1	GC2	GC3	GC4	GC5	GC6	GC7	Average
Professional importance (Post)	4,16	4,33	4,27	4,14	4,52	4,51	4,60	4,36
Standard Deviation	0,93	0,87	0,85	0,83	0,70	0,68	0,62	0,78
University preparation (Post)	2,63	2,96	3,13	3,66	4,02	3,14	3,92	3,35
Standard Deviation	1,48	1,32	1,26	1,00	1,03	1,43	0,98	1,21

Figure 8. Generic competences average of Post-study.

Once again, Student’s t-test was applied in order to assess the validity of the null hypothesis (H_0) that there are no differences in scores between variables. Once again, the comparison of responses given by professionals revealed no significant differences ($P(T) = p$ two-tailed is 0.299), as shown in Figure 9. Yet, a statically significant difference between the responses given by the students at the initial and replication survey was noted ($P(T) = p$ two-tailed is 0.027), as shown in Figure 10. Our students perceive a better significance preparation (average of 4.36), than the students consulted in the first study (Av: 2.77).

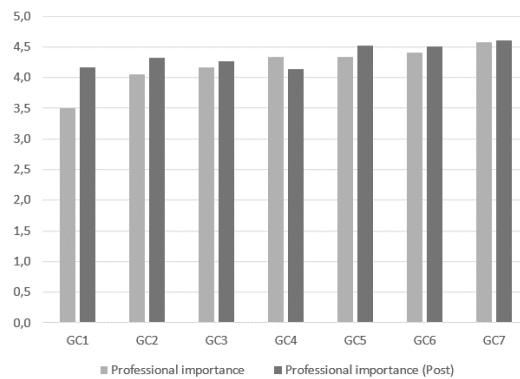


Figure 9. Comparison of generic competences (professional view) between studies (Pre and Post-study)

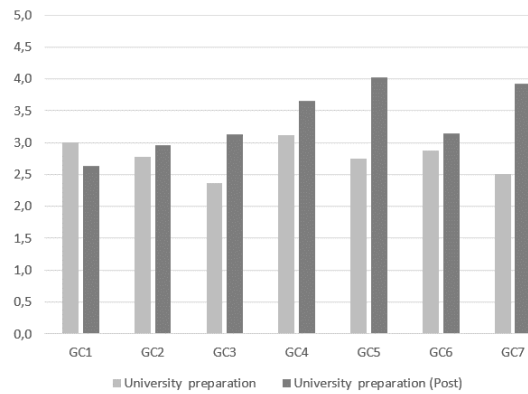


Figure 10. Comparison of generic competences (student view) between studies (Pre and Post-study)

4. Discussion

The results obtained from the replicated generic competences survey reveal two significant aspects:

- At a professional level, the competences initially identified as the most significant were confirmed in the replication survey
- Marked differences in the perceived preparedness by the students are noted, as those that responded to the replication survey felt better equipped for assuming professional duties upon graduation

This last finding is directly linked to both the structure of the degree and the FDP, which indicates that the current structure is valid, at the expense of adapting it to the professional necessities for its optimization.

Similarly, the results pertaining to the general competences reaffirm that the current model meets its objectives, even though further improvements can be made to fully align the generic competences students possess with the expectations of the industry professionals. The correlation between professional evaluations is still strong (0.8712), and between the professional and the students' is 0.5587. This correlation is even stronger if we compare the professional Pre results with the students' Post evaluation, at 0.7997, which allows us to affirm that our students are well prepared for assuming professional duties in Spain, and specifically Catalonia. Nonetheless, their preparedness could be enhanced in order to continue to respond to the increasing demands of the profession and global economy.

Because the FDP is a compendium of skills and competences that the student must acquire (identified as LG in Section 3.1), a matrix shown in Figure 11 was created, allowing the LGs to be related to the professional competences identified as the key prerequisites in Section 3.3. This exercise allowed us to identify the objectives that respond to the necessities of the sector, as well as those that do not and should be revised.

	5/8 LG-1	1/2 LG-2	3/9 LG-3	2/5 LG-4	0/3 LG-5	3/3 LG-6	1/3 LG-7	2/5 LG-8
C01								
C02								
C03								
C04								
C05								
C06								
C07								
C08								
C09								
C10								
C11								
C12								
C13								
C14								
C15								

Figure 11 Relation Matrix between LGs and specific competences.

In Figure 11, we can observe that the general characteristics of the LGs correspond to the various competences required by the sector (C#). In particular, those with an indirect connection are marked in light grey, while the dark grey identifies a clear and direct connection. This allows us to visually note that the objective LG1 (which corresponds to the direction of construction execution, basic professional attribute of the Building Engineer) is correlated with eight competencies five of which are priority (C08, C09, C10, C11 and C15), while the objective LG5 is subject to secondary correlations (C04, C09, and C11) only. For the execution of this translation, the exercise explained in Section 3.1 is fundamental, where we establish a relation of the other LGs with the activities/exercises/tasks which the FDP is composed by.

Based on these relations, we can affirm that LG1 responds to the necessities of the sector mainly related with managing the quality of the construction works, knowing the constructive processes and materials, having the capacity to program the works, and specifically having the capacity to control the costs. This same objective has a secondary link to the knowledge of facilities, basic calculations, and execution of structures. On the other hand, objective LG5 is indirectly related to the following competences: knowledge of basic matters, knowledge of systems and constructive technologies, and knowledge of materials. These results allow us to argue that, in the current context of the sector, managing new technologies and the quality of the construction (LG5) are not particularly pertinent. On the other hand, objectives LG1 and LG3 correspond to the greatest number of competences required by sector companies.

Based on these relations, we aimed to answer the following questions: Should we adapt the LGs to the requirements of the sector? Should we do it despite taking into account the casuistry of the search for immediate results? Conversely, should we bet for keeping LGs active, which, despite not being very demanded, configure the academic composition established by the norm? It seems reasonable to select the approach that would result in seamless knowledge transfer from academia to the industry, which can be achieved by changing the weighting of the LGs while retaining the course content, changing the content while keeping the current weighting unchanged, or changing both.

In all cases, we take for granted that we will consider whether to modify and adapt the methodology of the formative activities, and how we take into account the normative aspects that rule the current configuration of the FDP (ECI Norm, grade memory).

The decision of how to change or adapt, if necessary, certain educative activities to the professional necessities/competences is a field under continuous study and with previous contributions [25]. The competencies identified in every study are changing, and not all of them are assumable during the degree, but over a lifetime of professional practice, education and training [26]. We have found studies that have yielded both positive and negative responses from academics towards a competency-based approach to higher education. In a negative way the approaches seem “too narrow... mechanistic and prescriptive”. On the other hand, there was also a significantly positive response: “competencies based in education and training as benefiting higher education in clarifying intended outcomes of undergraduate programs, particularly in relation to workplace requirements [27].

Likewise, it is difficult to extrapolate the results of existing studies, even the present one, due to the disparity of attributions and professional competences according to the nation or geographical context [28-30, 34]. All of these proposals aim at identifying the aspects, which will allow the educative systems to modernize, identifying the structure of professionalism management system in construction framework, and suggesting the system of interrelation of basic programs of higher professional education and professional retraining with professional communities in construction field. The most important professional abilities identified in the references studies [30, 31] are centered upon basic and transversal competences, such as: decision making (leadership), communicating (oral/written), managing information, planning work, motivation of others; as well as more specific competences as managing health and safety, assessing environmental risk factors or costs, etc. In any case, these examples are centered in the global shape of the studies, and not so much on the activity of the FDP, an aspect that distinguishes our job.

On the other hand, we cannot forget that the learning process and individual development of the student is just as important as the academic results of assessment. The process of matching the requirements of the employers with course provision is always difficult. For a degree such as Building and Construction Engineer, where there is such a diversity of employers, a wide variety of roles, and an ever changing business environment, this difficulty is exacerbated [31]. Based on the investigations which have proven that a student's interest, stress, learning productivity and academic achievement are quite closely related, it is necessary, in order to cause interest and to increase the learning productivity, to establish constant changes in the learning subject with regard to situational and individual interest. Some new approaches following the previous ideas are related with new affective tutoring systems [32] closer to the students, their problems, and their project development, and other examples focused on the introduction of new technologies in order to develop the students' knowledge, to control their emotions, and to reduce their stress. In this last direction, the use and development of BIM technologies applied for improving specific representational and managing competences in building and construction [35] are being worldwide fundamental initiatives [33], and in our case, they must be incorporated efficiently in the development of the FDP (currently established in a scheduled way, in specific subjects of the degree).

5. Conclusions

In this work, we have presented and related two main data: in the first one, using an academic analytic approach, we have studied and identified the main variables and learning activities that define the FDP mark. In second place, we have presented the results obtained from two surveys, the initial one conducted in the national context, and its replication conducted in the local context. With these surveys, we have identified the main professional competences that the labor market search in our Building Engineering degree students that they must have acquired when they develop their FDP. Comparative analysis of the survey responses indicates that, while the ratings provided by the professionals remained unchanged, a significant difference in the perceived level of acquired competencies was noted between the national and the local student sample.

In the discussion section, using the results of the surveys and our analytic data obtained from the FDP results in the last three years, we have established a new relationship with the activities and defined LGs in the current FDP. This analysis allowed us to observe that some learning objectives and contents of FDP have little relevance to the sector professionals and their balance need to be improved. This led us to conclude that the FDP and its activities must be adapted for a better response to the business requirements. We also proposed a configuration that facilitates this adaptation throughout time and according to the evolution of the sector.

We cannot forget the logic evolution of the normative parameters that took place throughout the last decade, such as the adaptation to the number of credits established by the EHEA, the qualitative modification of the configuration of an executive project according to the Technical Code of Building, and the professional requirements of an agent. All of these changes have occurred in an environment with past crises, where personal abilities to value the competences can be as transcendent as the same competences.

Since all training activities and / or subjects including the FDP are composed of a definition of learning outcomes, assessment criteria, academic methodology, specific contents or themes, systems, and monitoring tools, the new relationships established as a result of the study data suggest a modification of one or several parts for a better adaptation to those results. For example:

- Case 1: identifying competences (such as C13, see Fig. 5), which would need reinforcement in the LGs. As observed in our study, while it is a competence demanded by the profession, students do not have the perception of being sufficiently qualified for the development of the same. In this case, the solution would be to increase the content / value of the rehabilitation in the FDP and / or to increase the number of FDPs based on rehabilitation or with thematic developments in pathological diagnosis and durability of the constructive solutions.
- Case 2: Identify learning activities currently developed and under-represented in the competencies requested (LG5, see Fig. 11). In this case, it seems advisable to maintain the learning objective by reducing its teaching load and / or by making business pedagogy regarding the cross-sectional value of the same.

During the development of the paper, we have also presented the comparison between the generic competences demanded and those acquired by the students. Although in this case the correlation is much greater, we also conclude that several aspects should be enhanced, affecting the methodologies and academic resources. All these aspects, given their magnitude and impact, remain as future lines of work, since they need detailed study and implementation, and cannot be imminently supported either by the academic structure or by the current FDP developments in course.

Based on the data and proposals presented, the lines of work of the present study are based on implementation, analysis and replication. Initially, how to ponder and implement the proposed system will be studied during the next FDP meetings. Logically, this process needs a change in the structure of the whole subject, providing the necessary time and resources for the new weights of each activity and the follow-up by the students. The second line of action will focus on analyzing the relationship between academic variables of the FDP, learning activities and professional competences. In this field, and given the novelty

of the study, AA and/or EDM techniques can be used to facilitate the FDP assessment using the main professional indicators. Based on the results of the proposed implementation and analysis, and as a third line of action, the method is planned to be replicated in the nearest schools or by FDP implementation system.

ACKNOWLEDGMENTS

This research is being carried out through the Second ACM – Aristos Campus Mundus Research Grants Call – 2016 to fund the association’s best projects of the ACM network. Project Code: ACM2016_07.

6. REFERENCES

- [1] B. Reinalda, and E. Kulesza-Mietkowski, The Bologna process: Harmonizing Europe's higher education. Opladen: Barbara Budrich, 2005.
- [2] J. Witte, *Change of Degrees and Degrees of Change: comparing adaptation of higher education systems in the context of the Bologna Process*, Doctoral dissertation, PhD Thesis, Enschede, University of Twente. 2006
- [3] Politechnic University of Madrid, *Perspectiva empresarial de los estudios de edificación*. CODATIE. Conferencia de Directores de Arquitectura Técnica e Ingeniería de la Edificación. Informe Técnico. 2015.
- [4] E. Peña, D. Fonseca and N. Martí, Relationship between learning indicators in the development and result of the Building Engineering Degree Final Project. In *Proceedings of the Forth International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality (TEEM '16)*, Francisco José García-Peñalvo (Ed.). ACM, New York, NY, USA, **1**, 2016, 335-340.
- [5] BOE, *ORDEN ECI /3855/2007, 29/12/2007 Requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico*. Ministerio de Educación y Ciencia de España. **312**.
- [6] A. Portabales-Pichel, *Los verdaderos artífices del Escorial y el estilo indebidamente llamado Herreriano*, Gráfica Literaria, Madrid. 1945
- [7] F.J. Arenas Cabello, La titulación de aparejador. Evolución histórica de sus atribuciones profesionales: desde el Decreto Lujan de 1855 hasta la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación, *Boletín de la Facultad de Derecho*. UNED, **26**, 2005, pp. 15-31.
- [8] BOE, *Real Decreto 265/1971, 20/02/1971, Facultades y competencias profesionales de los arquitectos técnicos*. Vigentes solo los artículos 1 y 2b (salvo el apartado 2) y 3. Ministerio de Vivienda de España, **44**.
- [9] I. Oliver Faubel, *Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta*. Doctoral dissertation, PhD Thesis, Escuela Técnica Superior de Arquitectura-Universitat Politècnica de València. 2015.
- [10] BOE, *Decreto de 16 de julio, Regulación de las atribuciones de la carrera de aparejador*. Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes de España. Gaceta de Madrid. 1935.
- [11] W.H. DeLone, and E.R. McLean, Information systems success: The quest for the dependent variable. *Information systems research*, **3**(1), 1992, 60-95.
- [12] R. Ferguson, R., Learning analytics: drivers, developments and challenges. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, **4**(5-6), 2013, pp. 304-317.
- [13] M.A. Chatti, A.L. Dyckhoff, U. Schroeder, and H. Thüs, A reference model for learning analytics. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, **4**(5-6), 2012, 318-331.
- [14] P. Long, and G. Siemens, Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *EDUCAUSERview* **46**, (September-October), 2011, pp. 31–40.
- [15] P.J. Goldstein, and R.N. Katz. Academic analytics: The uses of management information and technology in higher education. *EDUCASE*, 2005, Vol. **8**.
- [16] M.A. Conde, and A. Hernández-García, A promised land for educational decision-making? present and future of learning analytics. In *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality (TEEM '13)*, Francisco José García-Peñalvo (Ed.). ACM, New York, NY, USA, 2013, 239-243.
- [17] R. S. Baker, and P. S. Inventado, *Educational data mining and learning analytics*. In Learning analytics, pp. 61-75. Springer New York. 2014.
- [18] J.P. Campbell, and D. G. Oblinger, Academic analytics. *EDUCAUSE review*, **42**(4), 2007, pp. 40-57.

- [19] BOE, 06/11/1999. *Ley 38/1999. Código Técnico de la Edificación (CTE)*, Departamento: Jefatura de Estado de España. **266**.
- [20] La Salle, *Guía académica La Salle. Asignatura Proyecto final de grado en ETSALS, Curso académico 2015-16*. [Retrieved 1/9/2016 from: http://www.salleurl.edu/WCM_Front/Formaciones/Pestanyes/_FHq0KEgb-SQ8r7JBEag5ooPB6h93h7kGtLd18dSKeha5LKvLQ8KH2d_arpbWIEppS3tZVgV-HdbBcBbzuyS7MgC6qbZpwz39Xu4-hWPj-QFKRJ-FwuPkkw]
- [21] ANECA, *Libro Blanco Título de grado en Ingeniería de la Edificación*. 11/2004. Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación.
- [22] J.M. Rojo, *Regresión lineal múltiple*, Instituto de Economía y Geografía (2007) Madrid. Laboratorio de estadística.
- [23] M.V.G. Jiménez, J.M.A. Izquierdo, and A.J. Blanco, La predicción del rendimiento académico: regresión lineal versus regresión logística. *Psicothema*, **12**, 2000, pp. 248-252.
- [24] F. Jordana, M del Río, *Los estudios de edificación desde la perspectiva empresarial. Competencias de los egresados Arquitectos/as Técnicos/as según los empleadores*. Jornada sobre el futuro de los estudios de arquitectura técnica, ingeniería de edificación (4-11-2015) Barcelona. Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona.
- [25] J. Yang, W.P. Chang, *Building Education and Research*, Ed. Routledge, p.544.
- [26] The Australian Institute of Quantity surveyors, *Competency standards for quantity surveyors construction economists and cost engineers*, 2012
- [27] M. Jefferies, S. Chen, and J. Conway, Assessment of Professional Competence in a Construction Management Problem-based Learning Setting, *Construction Economics and Building* **2**(1), 2012, pp. 47-56.
- [28] S. Lysov, M. Balzannikov, V. Evstropov and M. Lysov, Ways of Modernization of Educational System of Building and Construction Specialists in View of Professional Standards Requirements. *Procedia Engineering*, **117**, 2015, p. 218-224. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.150>
- [29] The Construction Industry Development Board, *Contractor 2011 Skills Survey*, Department of Construction Economics and Management, Faculty of Engineering and the Built Environment of the University of Cape Town. South Africa, 2011.
- [30] The Chartered Institute of Building, CIOB Professional Competencies, 1997, Retrieved 7/10/2017 from: <https://www.heacademy.ac.uk/system/files/the-integration-of-professional-competencies.pdf>
- [31] C.O. Egbu. Skills, knowledge and competencies for managing construction refurbishment works, *Construction Management and Economics* **17**(1), 2010, pp. 29-43. <http://dx.doi.org/10.1080/014461999371808>
- [32] A. Kaklauskas, A. Kuzminske, E.K. Zavadskas, A. Daniunas, G. Kaklauskas, M. Seniut, J. Raistenskis, A. Safonov, R. Kliukas, A. Juozapaitis, A. Radzeviciene, and R. Cerkauskiene, Affective Tutoring System for Built Environment Management, *Computers & Education*, **82**, 2015, pp. 202-216. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.11.016>
- [33] Centoform, BIM4PLACEMENT European key competences in building and construction. Retrieved 7/10/2017 from: http://www.centoform.it/european-project_bim4placement-european-key-competences-in-building-and-construction.html
- [34] H. Mohammad, S.K. Yaman, F. Hassan, and Z. Ismail, Determining the technical competencies of construction managers in the Malaysia's construction industry. *In MATEC Web of Conferences*, **47**, 2016, <https://doi.org/10.1051/mateconf/20164704021>
- [35] C.M. Clevenger, M. Ozbek, S. Glick, and D. Porter, D. Integrating BIM into construction management education. *In EcoBuild Proceedings of the BIM-Related Academic Workshop*. 2010

- Enric Peña is Technical Architect by Polytechnic University of Catalonia (1989), Master in Pathology and Rehabilitation of the Architectural Heritage (UPC-1994), Building Engineer (European University of Madrid - 2009), and Master in Integrated Architecture by the Ramon Llull University (2012). CEO, Technical Director and Founding Partner of At3.Oller Peña (1997). Nowadays, he is also the Director of the Master in Integral Management of Construction (URL), and the Academic Director of Postgraduate and Masters Programs in Architecture and Building Engineering Department of URL. His work "Relationship between learning indicators in the development and result of the Building Engineering Degree Final Project" presented in the Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality Conference (2016) was selected as Best Paper award in the track of Learning Analytics.
- Dr. David Fonseca is Full Professor in the Architecture Department of La Salle-Ramon Llull University, with a Tenured Lecturer Certification by University Quality Agency of Catalonia, Spain. He holds a Telecommunications

degree (URL), Information Geographic Systems Master by Girona University, and Audiovisual Communication degree and Information and Knowledge Society Master (Open University of Catalonia, UOC). He is working as Lecturer and Advisor in the Department of Architecture since 1997, and in the research framework, he is coordinating and working the GRETEL (Research Group of Technology Enhanced Learning, recognized by Spanish Government). With more than 150 international conferences and journal papers, Autodesk as Approved Certified Instructor also certifies him and he is serving as committee member in more than 20 journals and international indexed conferences. Finally he has served and researcher or principal researcher in ten granted local and international projects.

- Dra. Núria Martí Audí obtained her Architecture degree in 1997 at the School of Architecture of Barcelona (ETSAB/UPC). PhD in 2005 with the doctoral thesis on “Gaudi’s shutters as tools of light”, awarded by the Architecture Foundation. - Academic experience: Teaching Project Design and Architectural Construction at La Salle School of Architecture of Barcelona (ETSALS / URL). Tutor of Degree Projects and Master Teacher in 2005. Director of the Construction Department. - Research: carried out in Mediterranean Architecture with IAM research group. Participation in such congresses as CAH20thC, International Energy Forum on Solar Building Skins, Architectonics Network, CIDUI, SIIIE, CISTI, TEEM. Professional exercise: designs residential properties and public buildings as a pedestrian area for the School of Music and an indoor heated swimming-pool for the Municipal Sports Centre.
- Arch. Jose Ferrandiz is an Assistant Professor of the Architecture Department at the American University of Ras Al Khaimah (AURAK). He has a Bachelor in Architecture (2007), Bachelor in Architectural Technology (2010) and Master in Sustainable Architecture and urban planning. He began his career as a faculty in Barcelona 2007 and moved to United Arab Emirates University in 2013 where he began his research about seismic construction, design, and Building Information modeling. In 2015, he joined the Academic for Interoperability Coalition Research Group, with members from 48 universities all over the world. In 2008, he created FerMak architecture design studio. As remarkable achievements, he is very proud of the award received in 2009 in Miami Playa for “Boulevard 340” proposal at the Architectural & urban competition, the high impact journal “Evaluating the benefits of introducing “BIM” based on Revit in construction courses, without changing the course schedule” and finally creating a Design course about architecture and urbanism for disaster situations.

Design of interactive and collaborative learning units using TICs in architectural construction education

Diseño de unidades interactivas de aprendizaje colaborativo usando ICTs en la educación de construcción arquitectónica

Núria Martí (Main Author)

Departamento de Arquitectura, La Salle Campus Barcelona, Universitat Ramon Llull
Sant Joan de la Salle 42, 08022, Barcelona (Spain)
nmarti@salle.url.edu

David Fonseca (Corresponding Author)

Departamento de Arquitectura, La Salle Campus Barcelona, Universitat Ramon Llull
Sant Joan de la Salle 42, 08022, Barcelona (Spain)
fonsi@salle.url.edu

Enric Peña

Departamento de Arquitectura, La Salle Campus Barcelona, Universitat Ramon Llull
Sant Joan de la Salle 42, 08022, Barcelona (Spain)
enricp@salle.url.edu

Marta Adroer

Departamento de Arquitectura, La Salle Campus Barcelona, Universitat Ramon Llull
Sant Joan de la Salle 42, 08022, Barcelona (Spain)
madroer@salle.url.edu

David Simón

Departamento de Arquitectura, La Salle Campus Barcelona, Universitat Ramon Llull
Sant Joan de la Salle 42, 08022, Barcelona (Spain)
dsimon@salle.url.edu

Manuscript Code: 561

Date of Acceptance/Reception: 23.03.17/05.12.15

DOI: 10.7764/RDLC.16.1.33

Abstract

In the new context of the Information Society and online learning, offering architectural education based on interactive and collaborative methodologies can generate professionals capable of combining technical and aesthetic aptitudes. Adopting these teaching methods in the design and building construction courses can assist in enhancing student motivation. The programming steps of project-based learning using technological tools for research-knowledge and representation provide an additional educational dimension. This approach enables students to gain a much greater awareness of their own learning styles and goals, while also allowing them to recognize a conceptual relationship to, and ultimately a holistic view of, architecture. In this paper, the design of the course called Architectural Construction (to be thought in the second year of the architecture undergraduate course) is presented by describing different learning units offered through information technologies implementation (IT). The article draws attention to the new training paradigm, based on the implementation of IT as intrinsic mechanisms for the academic and professional future of the architecture framework.

Key words: Architecture, architectural construction learning, problem-based learning, representation, digital communication in construction.

Resumen

En el nuevo contexto de la Sociedad de la Información y el aprendizaje en línea, la enseñanza de la arquitectura basada en metodologías interactivas y colaborativas tiene la capacidad de habilitar profesionales capaces de combinar tecnología y aptitudes proyectuales. La adopción de nuevos métodos de enseñanza en el diseño y construcción de edificios mejoran la motivación de los estudiantes. La programación estratégica del aprendizaje basado en problemas utilizando herramientas tecnológicas permite profundizar en el conocimiento para la representación y la investigación de proyectos arquitectónicos. Este enfoque permite a los estudiantes adquirir una mayor conciencia de su estilo de aprendizaje y los objetivos del curso, estableciendo nuevas relaciones conceptuales y una visión holística de la arquitectura. En este artículo, se presenta el diseño del curso Construcción Arquitectónica II donde se describen las diferentes unidades de aprendizaje ofrecidas a través de las Tecnologías de la Información (TI). El artículo llama la atención sobre el nuevo paradigma de capacitación, basado en la aplicación de mecanismos intrínsecos para el curso académico y el futuro profesional del marco arquitectónico.

Palabras clave: Arquitectura, aprendizaje de construcción arquitectónica, aprendizaje basado en problemas, comunicación digital en construcción.

The new era of Information Society (IS) has necessitated making changes to the way higher education is offered, as the focus has shifted to the acquisition of necessary skills, rather than theoretical knowledge. In the field of Engineering and Architecture (where we can also find additional studies, such as Construction Engineering or Civil Engineering), students and practitioners are required to possess both general and specific skills related to the use and control of the Information Technologies (IT). In architectural education, until recently, the use of IT was restricted to project implementation processes, where various applications such as Computer Assisted Design (CAD) served merely as aids in the execution of one's work. More recently, Building Information Modelling (BIM) applications have emerged, resulting in a significant leap in the parametric design of architectural projects.

However, the IT potential for teaching and learning extends beyond these tools, as it is increasingly being applied as a means of supporting educational practices and improving learning outcomes with the emphasis on understanding the content. The incorporation of the Technical Information and Communication Technologies (ICT) is essential to the new educational methods of the European Higher Education (EHEA). It promotes collaborative and cooperative learning, and motivates students to engage in self-learning aimed at ensuring that they acquire the skills necessary for success in their future careers (D. Fonseca, Redondo, Valls & Villagrasa, 2016). In other words, this approach avoids passive "lectures" that are delivered by the teacher without any input from the students and do not benefit from the digital age and new IS. Nowadays, owing to the technologically "friendly" classes, students can benefit from new learning dynamics, many of which are based on content and online methods.

While such strategies are beneficial in all educational contexts, they are particularly relevant in architecture, and specifically in the construction sector, as the profession demands practical application of skills and knowledge gained, along with the contextual awareness. Hence, ICT is of great value in both educational and professional sector. In recognition of this fact, in this article, we propose a new approach to education in architecture. This new approach includes cross-learning, problem-based learning (Barkley, Major & Cross, 2010) and strategically organized projects that allow students to acquire the highest quality of skills, ensuring that they can become successful autonomous learners (Monereo Font, 2012).

Description of the problem

Given that architecture is a discipline that blends theoretical and practical skills and knowledge and is characterized by a significant visual and spatial element, adoption of the new ICT tools in teaching and learning is very useful. Similarly, in the construction sector, the socio-economical and professional status of the practitioners has reached a critical point (it is necessary to use new tools without any previous education), and for these reasons the architecture learning has encountered an inflection. Thus, in order to move forward with times and benefit from new technological advances, the following factors must be addressed: (1) the socio-cultural crisis that has redefined the architectural space; (2) the economic crisis, which directly affects the construction sector; (3) significant and continuous advancements in the technological systems, which can become anachronistic if they strictly follow learning "guidelines"; and (4) the need to develop awareness regarding sustainability with respect to protecting the planet's limited resources, energy efficiency, and environmental cost of materials, among other aspects, which is becoming a key requirement in architectural project design and implementation.

Given these complex requirements, professional architects are facing the challenge of reevaluating the way the profession is perceived, prompting them to update the understanding of architecture. In the field of teaching, we believe that the challenge stems from the need to provide a more constructive and comprehensive education that would equip the newly qualified professionals with the skills needed to tackle any project in any situation, with a thoughtful, methodical and critical intellect. In this context, we propose a new approach to education in architecture that incorporates cross learning, PBL (Problem-Based Learning), collaborative learning, and strategic learning projects designed to allow students to acquire the most relevant skills through autonomous learning. These issues have been noted in "Teaching Innovation: Teaching and ICTs" (Ferro, Martínez & Otero, 2009a) in which the strategically planned design of the subject is addressed. For these reasons, our work focuses on the acquisition of knowledge and skills by the student through collaborative tools and techniques that facilitate autonomous knowledge acquisition, and the migration of classic content to new digital platforms that allow access to information via interactive tools.

The Spanish architect and the competence skills

In Spain, an architect is considered a professional capable of combining technical and aesthetic skills and using those abilities for the construction of buildings or urban planning. In this sense, an architect is both an "artist" and a "builder" with a complete view of architecture. Thus, the scope of the duties and responsibilities of an architect are in accordance with the provisions of European Directive 85/384 / EEC, the European Community, and the programs leading to the official qualification of an Architect. However, for these aims to be realized, architectural curriculum must maintain the proper balance between theory and practice and guarantee that, upon graduation, all students would possess the following specific aptitudes:

- The ability to develop architectural designs that satisfy both aesthetic and technical requirements
- An adequate knowledge of the history and theories of architecture and fine arts
- Suitable knowledge of urban design, planning and the skills involved in the planning process
- Capacity to understand the relationship between people and buildings
- Ability to understand the architectural profession and its role in society
- Knowledge of the methods of investigation and preparation of the construction project
- Awareness of structural design problems, as well as construction and civil engineering problems
- Adequate knowledge of physical problems and technologies, as well as the function of buildings
- Technical capacity to conceive buildings that meet user requirements
- Adequate knowledge of the industries, organizations, regulations and procedures involved in building projects integrating plans and planning

EHEA has transitioned from a model based on teaching focusing on the content towards a model based on acquisition of skills that will facilitate seamless integration into the workforce and allow the future professionals to respond to the rapidly changing market needs.

Teaching and learning of Architectural Construction in the Information Society

Adoption of the new systems of teaching and learning that focus on the acquisition of skills has changed the roles of students and teachers, as the emphasis is no longer on passive knowledge transfer, but rather on interaction, the space-time coordinates and access to resources, which requires modification of all existing instructional methodologies. These new systems are not just tools that can enhance and facilitate the traditional teaching, but rather methods that can improve skill acquisition in new ways. The strategy of combining significant learning methodologies (reception and discovery) with PBL makes the relationships among the elements of the interactive didactic triangle (teacher, student and content) and the participation of ICT more active and valued. The model is based on the current teaching context characterized by a high degree of complexity and great dynamism, necessitating the integration of multiple knowledge components, namely the curriculum, the pedagogy and the technical component.

Therefore, to achieve optimal learning outcomes, it is necessary to know the profiles of all students, as well as understand the role of the professor. Modern students are often referred to as Digital Natives (Prensky, 2004), in reference to their reliance on online social media for communication and access to information, as most are conducting their lives in the virtual environments (which are appropriately dubbed "e-lives"). Therefore, just as cyberspace is a constituent part of students' everyday life, ICT tools are part of their *modus vivendi*, and the digital network is: How they communicate, meet, interact and socialize with others; the way they search, create, share, exchange and collect information; and the means, by which they cooperate, learn and evaluate their achievements, analyze problems and publicize their ideas and conclusions. In recognition of this paradigm shift in the way new generations are living their lives and interacting with the world around them, "Collaborative Educational Design" is widely recognized as a necessary component of teaching and learning in all educational contexts (Glick, Clevenger & Porter, 2011a; Kocaturk, 2010; Kondratova & Goldfarb, 2004). As the focus of the present investigation is on teaching of subjects related to Construction, we believe that those who have contributed new approaches, especially in the acquisition and improvement of spatial abilities of the student, can inform us on the best use of ICT in the educational context.

In architectural design, the space is represented using traditional methods, such as printed plans and models (work from 2D to 3D), as well as current methods, such as digital maps and 3D models, which facilitate appreciating a

greater level of detail (David Fonseca, Martí, Redondo, Navarro & Sánchez, 2014). These advanced visualization methods allow both students and practitioners to work collaboratively and communicate their ideas. Most importantly, they facilitate more efficient management of the overall project space (Bouchlaghem, Shang, Whyte & Ganah, 2005; Leopold, Gorska & Sorby, 2001a). The use of certain collaborative ICTs permits the design, development and implementation of functional, sustainable and intelligent projects, which is also referred to as Intelligent Design-Based Learning – IDBL (Nawari, 2010).

Teacher's role and the skills to acquire

Owing to the shift in educational focus from knowledge to skill acquisition, the role of the teacher has changed significantly, as the traditional learning model tends to focus on the curriculum content, rather than its practical application. However, in the digital era, the teacher is no longer a mere transmitter of information and the central protagonist of exchanges among students (Fonseca, Climent, Vicent & Canaleta, 2016). Rather, the teacher has become a manager of the available resources, a tutor and a consultant in resolving doubts, a counselor and a guide in conducting projects, and a mediator in debates and discussions.

In the specific case of the "Construction" course, the teacher is an active professional architect who has direct experience of the discipline and a holistic approach to architecture. Therefore, he/she recognizes the need to convey both the curriculum content and the work experience on site during the lectures. The emphasis of this holistic approach to learning is on gaining skills that can be transferred to the professional practice. In the academic portfolio, the acquisition of specific skills is divided into three courses. These basic concepts and requirements will be used later on in higher-level courses and will be applied in Executive Projects. To achieve these objectives, the faculty must master the following skills: (1) search and select information; (2) understand the essence of the information, infer their consequences and conclusions; (3) read different languages (English) and multimedia systems; (4) use various information databases; and (5) manage, store and present information organized according to different purposes.

Considering that computers and other personal technology, such as Smartphones, have become ubiquitous communication devices to the extent of becoming invisible to our everyday landscape as an element thereof (Weiser, 1991a), learning the proper management of ICT and ubiquitous learning is imperative. Against this backdrop, the capacity for analysis and synthesis, teamwork, environmental sensitivity and ability to apply knowledge to practice are among the key general competencies that each student must develop.

Methodology: Teaching Construction-II

The following sections describe in detail the design and methodology of the Construction II undergraduate curriculum, for which a model of active learning based on various strategically interrelated units, is proposed, with the platform eStudy ICT collaborative tools at its core. The subject of the first course pertains to two thematic areas: matter and order (building materials, the demands of support and comfort and organizational forms needed to meet these demands). In the second academic year, the course scope extends to in-depth examination of the systems of heavy / wet construction support and building comfort. Finally, in Construction III, the focus is on the dry construction system support, comfort of buildings and interior systems, and support systems of the fuzzy knowledge structures. In the present case, the learning of these units consists of Project's Program Based Learning (P's PBL); research seminars related to learning activities; days dedicated to "in situ technology"; teaching materials eStudy (the Moodle platform of the school), tutorials and laboratory visits.

Project's PBL

Barrows (1999) defined PBL as a student-centered pedagogy allowing students to learn about a subject through problem solving. Therefore, PBL is an instructional (and curricular) learner-centered approach that empowers learners to conduct research, integrate theory and practice, and apply knowledge and skills to develop a viable solution to a defined problem. The PBL, in the context of contemporary architecture, is based on the realization of a professional executive project of a well-known architect's building of the mid-twentieth century. As a part of the project, students are required to apply current technical regulations when reinterpreting the existing solution, while retaining the aesthetics and composition of the constructed building. Dealing with a complex problem, it is common to identify the problems that must be solved and divide them into blocks, according to Table 1.

Table 1. Phases of the P's PBL in architectural construction.

Stage	Steps	Objective	Strategy
A	-	Introduction to PBL complex	First statement of the case and problem analysis
C:1 to x	-	Divide the problem into blocks	Identify areas of knowledge, explain, analyze and understand the requirements
	1	Increase in information	Provide a more accurate approximation to the reality behind the problem. Explore all possible solutions
	2	Hypothetic work based on systems	Apply knowledge to the hypothesis pertaining to construction systems. Detect problems and advantages
	3	Selection of proposals to be developed	Review the hypotheses based on the requirements
	4	Analyze "pitfalls" of the hypothesis	Locate the singularities of the system. Work on solutions. Revise plans based on the requirements
	5	Formulate the proposed solution	Change / reaffirm the concreteness of the problem based on STEP 3 Provide 4 1/100 scale solution
	6	Revision PBL1	Check consistency with the project and requirements
D	-	Propose solution	Results presentation
E	-	Evaluation	Qualitative revision

In phase A, the building that is going to be worked on is presented, introducing the context, with respect to the leading architect and his/her architecture, analyzing to project by observing the building and searching the information of the location.

In Phase B, students are required to engage in discussions, the aim of which is to establish the level of knowledge they possess and motivate them to reflect on the complex problems associated with the project execution. In this phase, the goal is to ensure that the students understand the scope of the problem and can address it in an orderly and themed way, as this allows them to define clear guidelines to follow. This process results in a clear conceptual map the students can use to understand and address the problem. In these early stages, both in the classroom and at home, the students must seek information repositories pertaining to the disciplines involved in solving the problem.

Phase C is the core of PBL. The students have to analyze, investigate and synthesize documents, as well as critically reflect on the information obtained. They accomplish this by trial and error, which is necessary for reaching the most appropriate solution. In this approach, the teacher has full control of every problem and sets the time required for solving each one. However, the teacher does not have the final solution, but rather researches possible solutions with students, thus advancing knowledge and understanding of the pertinent subject area. Another advantage of this approach is in identifying different ways to identify problems and research. These guidelines lead to developed work and are associated with several objectives. The teacher relies on predesigned strategies and certain working tools to facilitate the approach to the objectives.

In the sequence of blocks, as well as in the sequence of steps within each block, the change of scale is needed to obtain the final proposals that address the complexity of the architectural problem without simplifications or inaccuracies. Figure 1 shows how the aforementioned process was implemented in the classroom, whereby students first developed a proposal by hand-drawing the solutions on paper, which helped them with identifying the difficulties and advantages of the first approach. To assess the hypothesis defined based on the requirements, a real model was created, allowing the students to verify the correctness of the requirements proposed. Finally, the students worked on detailed drawings in 2D, and displayed their designs in 1/200 scale using 3D singular points.

Once the solution is defined, the students must specify the construction details, including any changes to the problem specification, and reaffirming the resolution scale 1:50-20; 1:10-5. The specific requirements are tabulated in detail and each one is reviewed to verify that all the premises are correct. This last step is performed in each block of sub-problems, and is intended to be reviewed and modified if necessary in order to ensure alignment with the proposed solution for the particular block, as well as the consistency with the complex view of the problem as a whole (Figure 2). In this instruction, the faculty is a cognitive mediator because the students are neither given a unique solution nor

a unique way of thinking. Instead, they take charge of their own learning and are encouraged to self-regulate, which helps them understand that learning is a social phenomenon that requires individuals to be receptive to the ideas of others, to be open to proposals and reconcile conflicting or opposing arguments (Barkley et al., 2010).

Figure 1. From basic hand drawing design to first digital approach (Source: own elaboration).

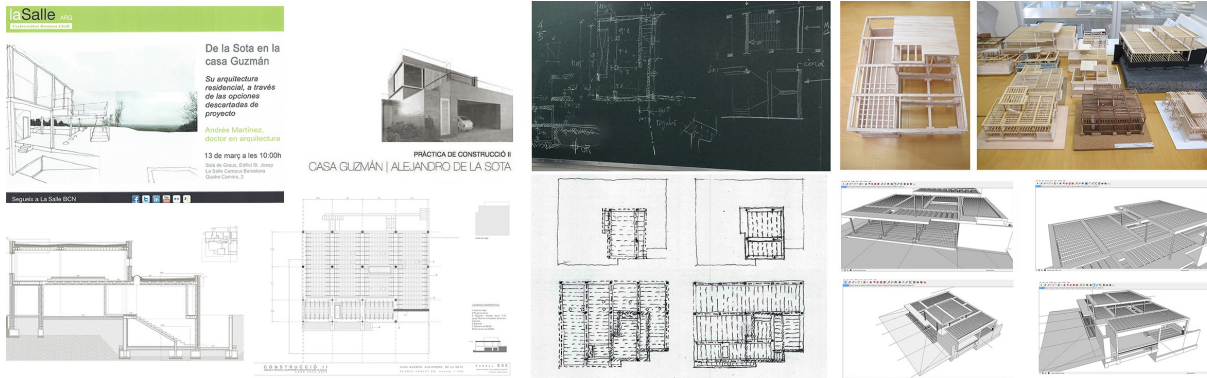
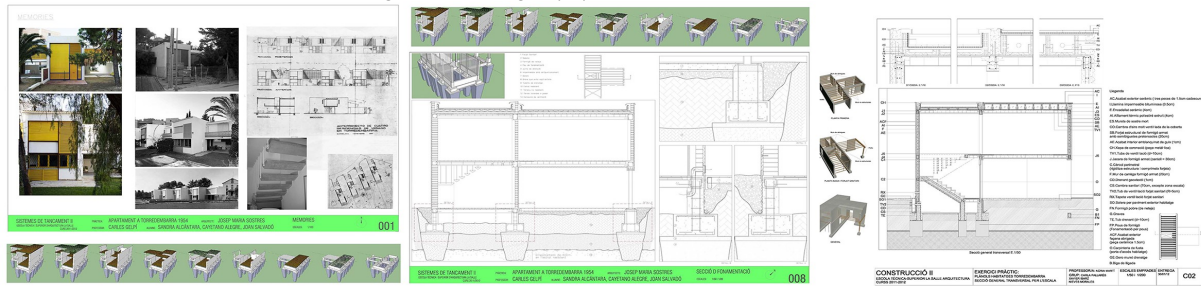


Figure 2. Formulating the proposed solution. Source: own elaboration.



Results: Using Seminar for Auto-Assessment

The proposed program is based on active training seminars, as a part of which the students participate in the development of their own knowledge and improve the quality of their work by applying different learning techniques. The structure of these seminars is based on participatory lectures, "Pills" (exhibition of images), and practical tasks, as this allows several themes to be explored in each session (Marchesi, 2004a). The main advantage of these sessions is their participatory nature, which is ensured by instructing students to prepare for the seminar by consulting the notes on the subject using the eStudy platform, allowing them to address any doubts or questions to the teachers and they self. The "pill images" sessions introduce an abstract concept into a concrete situation, allowing the students to contextualize and understand it better. The images pertain to the site projects that the faculty members are working on, and may include both photographs and videos of implementation processes pertaining to different building systems.

Figure 3. An example of seminars (Martí et al., 2014). Source: own elaboration.

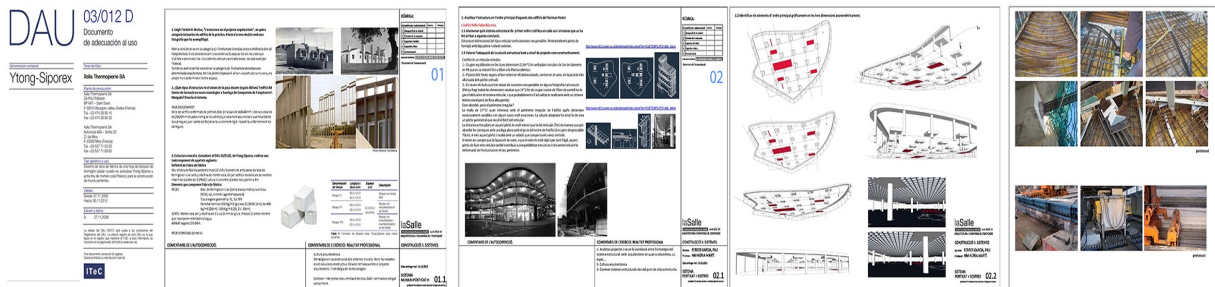


Figure 4. An example of a seminar with self-evaluation and correction. Source: own elaboration.

Secció vertical

- Mur epitòmic 15cm x 15cm
- Mur epitòpic 15cm x 15cm
- Mur epitòpic 15cm x 15cm
- Mur epitòpic 15cm x 15cm
- Mur epitòpic 15cm x 15cm

Secció horitzontal

Habitacles a Martinsbergstrasse E: 4/100

Secció vertical

- Mur Klinker 15cm x 15cm
- Mur ceràmic 15cm x 15cm

Secció horitzontal

Galeria AC, Harkobergstr. E: 1/100

RÚBRICA: SISTEMA MURARI

Competències i autoavaluació	Nota	Professor
1. Adquisició de la solució	CF	CF
2. Claredat de la resposta	CF	CF
3. Claredat de l'explicació	CF	CF
4. Claredat crítica	CF	CF
5. Autoconcepció	CF	CF

COMENTARIS DE L'AUTOEVALUACIÓ:

Tant al habitatge, com a la galeria, els espais de la sala són molt petits i el seu ús és molt específic. Per això és important distingir no només els materials ja que de lleure comptat als espais que he distingit.

El que fa al material, m'he fixat en el detall constructiu i no en el detall de acabats, però així no he conformat si en puga ser una altra opció de color, de mida, de forma, etc. M'he fixat en la mateixa idea de tipus de material i en un únic i el material, però no en el detall de la mateixa.

COMENTARIS DE L'EXERCICI: REALITAT PROFESSIONAL

En el meu primer treball professional he vist molts casos de solucions de tipus "àdhoc" i sobretot, a l'hora de plantejar un problema, m'he trobat molts casos de solucions que són molt similars a les que he vist a l'escola.

Apart d'això, he vist molts casos de solucions que són molt originals i que he vist a l'escola.

A l'hora de plantejar un problema, m'he trobat molts casos de solucions que són molt similars a les que he vist a l'escola.

COMENTARIS DE L'AUTOCORRECCIÓ:

He començat amb un error en l'espècie i la començaré de nou (del CTE) ja que no s'havia ben treballat. Però per això que és clar, que he après a treballar i a conèixer el CTE i a conèixer els plans, detallats i el detall dels edificis i a més també en aquells detalls. A la començaré però a fer en un altre CTE (en aquest cas) i a conèixer els detalls dels edificis i a conèixer els plans, detallats i el detall dels edificis i a més també en aquells detalls.

En altres casos he pogut veure que no només és un detall dels edificis, sinó que també és un detall dels edificis i a més també en aquells detalls.

En altres casos he pogut veure que no només és un detall dels edificis, sinó que també és un detall dels edificis i a més també en aquells detalls.

The first objective of the task is achieved by encouraging the students to assimilate, manage and expand the knowledge imparted. The second objective arises in the research of various exercises, such as: researching a topic and the technical expertise associated with it, establishing a relation between textual information and a constructive detail, having a detailed 2D representation of a 3D model structure, and organizing concepts as theoretical sessions. The third objective is achieved through self-correction exercises, comments on the exercises and their projection in the professional world. Three concepts are self-assessed as a part of this activity: (1) the success of the solution, (2) understanding of the academic content of the current course, and (3) the transferable skills, such as analytical and critical thinking. To implement this system, the tasks must follow a predefined format and are executed in three steps:

- Perform the exercise; provide the comments and self-reflection using a PDF file (Figure 3).
- Once the deadline is closed, the faculty provides the solution on the platform, and the students can self-correct any errors in their work
- Finally, the students are asked to complete the rubric (Figure 4), that is a self-evaluation table.

The proposed strategy incorporates training activities focused on practical and theoretical approaches. Each day of the seminar incorporates execution, roundtables and practical tasks. The first stage is entirely practical, and consists of setting up various building systems to run full (1:1) scale (Figure 5). At this time, the students create sketches, make note of details, and take pictures and videos.

Figure 5. Initial work of different building envelope systems. Source: own elaboration.

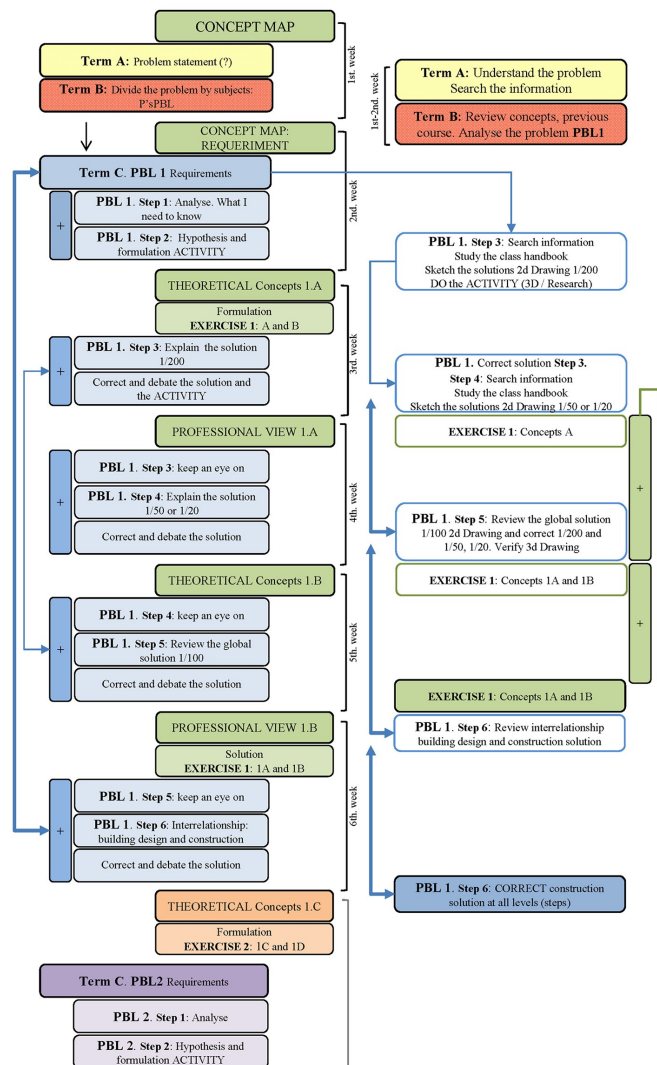


The second stage is both theoretical and practical, as it involves conferences and roundtables, where the various building systems are discussed with industry professionals, architects and teachers. Therefore, this constructive discussion aids in the students' understanding of the course content, allowing them to appreciate the existence of more than one possible solution to the same problem.

The final stage involves individual practical work that interrelates "in situ technology" discussed with the theoretical knowledge covered in the seminars. It is executed in presentation format, whereby the students use photos, 2D and 3D drawings, as well as text and tables that justify and contrast the theoretical concepts objectively, to convey what they have learned in the preceding period. These presentations can also serve as students' notes, as they provide chronological record of the work they have done. They also learn how to structure information hierarchically according to the relevance of theoretical concepts.

The students also benefit from a blog, which they can use to interact with their peers and where teachers announce various activities taking place in the professional field related to the area of study. This informal platform allows students to test the efficacy of the notes in order to have an effective delivery. For a more dynamic reading and more active learning, students can augment the notes with various interactive applications, such as an image gallery attached to texts, videos and presentations and documentaries with attributes. In addition, note-based practice exercises and review tests with live and screencast solutions are incorporated at the end of the theoretical part, assisting in more engaged autonomous learning. In order to ascertain the students' use of technology and their IT proficiency, a pilot survey was conducted, revealing that 35% of the students use Mac, 41% rely on an iPhone while 14% own an iPad (David Fonseca et al., 2014). In addition, the remaining 20% of the students that do not possess any of these devices plan to acquire at least one in the near future, confirming that the continued use of the method is valid (using interactive ebooks). For students who do not have Mac devices, notes are provided in PDF format and they can also access active genes pictures through QRmovie.

Figure 6. Design of strategic proposal. Source: own elaboration.



At the time of addressing the problems in P's PBL, theoretical themes relating to each have not yet been taught in class. In other words, the students have not been provided with the theoretical knowledge required for tackling the problem proposed, although there are notes and sources they can consult. As a result, in the Step 1 Block B, the students must consider the problem from the "what I know" perspective. In this first stage of Step 1, the teacher would take the initiative in the classroom by providing the first approach to the problem, thus narrowing down the range of the potential paths. In addition, he/she directs the various solutions through leading a question-based discussion. The teacher reveals different patterns associated with the problem. From this moment on, the students must continue asking questions, aiming to gain in-depth understanding of the reality behind the problem. This gap between the two learning units makes students more independent and self-critical, and prompts them to work more actively. It also assists with self-regulating their knowledge and taking the responsibility for the acquisition of skills.

In the strategic design described here (Figure 6), seminars are more closely related to concrete elements that, by moving to P's PBL, provide tools that can be used for analysis, research, representation and communication. All the instructions, when combined into a coherent unit, allow the students to attain a holistic view of construction as an architectural discipline, which involves many factors and requirements that are addressed depending on different design solutions.

Conclusions and Discussion

Learning through acquiring competencies is an intrinsic educational model that has become necessary for the advancement of architectural education and its alignment with the changes in the industry as well as in the society as a whole. Education offered to architecture students should integrate professional skills, abilities and knowledge and allow the graduates to apply them to the design and construction of buildings. In other words, a professional should be able to:

- Elaborate architectural designs that satisfy both aesthetic and technical requirements, from a holistic view of all the disciplines of architecture.
- Adapt to new circumstances by utilizing the acquired knowledge and the capacities and skills.
- Continue to acquire new knowledge and skills, keep informed of new materials, technology systems, policies and behavior of the constructed buildings, as well as extend the curriculum area to incorporate appreciation of new cultural developments, and the latest ICT tools.
- Use different resources for researching, knowledge acquisition, representation and communication.

The incorporation of ICT in learning opens up new psycho-pedagogical dimensions when considered not only as instrumental, but also as an instructional and techno-pedagogical tool. The blurring of boundaries involves working within a framework of information and virtual communication. In architecture, this approach necessitates the use of digital library tools, both graphic and written. The optimization of resources and agility in the execution of an architectural project requires use of software that allows links across various disciplines to be forged and utilized. The incorporation of ICT in educational practice allows:

- Opening new architectural conceptual dimensions.
- Intensifying work using computer programs to create documents and virtual environments for communication and information storage/sharing (Grife, Carcaño & Fajardo, 2014).
- Facilitating the acquisition of both generic and specific skills.
- Allowing students to focus on meta-reflection and metacognition of their own learning, with a particular focus on new fields in the construction process, such as environmental studies (C Torres-Machi, Yepes, Chamorro & Pellicer, 2014).
- Monitoring the students' learning.

In conclusion, we can affirm that the learning outcomes were very favorable. According to an anonymous survey, its performance exceeds the average of 6/10. Regarding student learning, the program has resulted in remarkable improvements in both theoretical knowledge acquisition and ability to analyze situations and detect some of the problems to be solved, from their construction skills and behavior of materials.

However, the dedication, effort and concentration needed to succeed in this program are much higher than those demanded of the students taking part in traditional instruction. Thus, the empathy and collaboration between students and teachers is crucial. According to the assessment of the faculty, the initiative has received a very positive rating of 4/5, in terms of knowledge acquisition, care and clarity of explanation. It is very important for the success of this format to provide a precise set of goals, both in "the amount of knowledge to impart," and in all activities that are

generated in the process. P's PBL design is closely aligned with the complexity of the architectural reality. For this reason, segmenting the project into various problems facilitates the understanding, the conceptual assimilation, and critical analysis, all of which contribute to student's success in finding a valid solution. In the present P's PBL, obtaining information by ubiquitous computing is creating demand of more debate and discussion in the classroom, thus necessitating active collaboration and teamwork. The mismatch between the evaluations of the accuracy, the adequacy of the information in the context in which it will be used and the contextualization of information between the reflective critical analyses of curriculum concepts is obvious. The P's PBL with ICT use and ubiquity of information is an instruction that appeals directly to students' interests. Thus, it increases their responsibility for their own learning progress and their professional future. Through explanation, inquiry, critical analysis and reformulation of relevant and complex problems, the students take more active role in the acquisition of necessary skills and the development of personal characteristics needed for success in the field of architecture and building construction.

References

- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Handbook on Problem-Based Learning*, 20(6), 481–486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>
- Bouchlaghem, D., Shang, H., Whyte, J., & Ganah, A. (2005). Visualisation in architecture, engineering and construction (AEC). *Automation in Construction*, 14(3), 287–295. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.08.012>
- Crooks, G. E. (2009). Comment regarding “On the Crooks fluctuation theorem and the Jarzynski equality” [J. Chem. Phys. 129, 091101 (2008)] and “Nonequilibrium fluctuation-dissipation theorem of Brownian dynamics” [J. Chem. Phys. 129, 144113 (2008)]. *The Journal of Chemical Physics*, 130(10), 107101. <https://doi.org/10.1063/1.3080751>
- Ferro, C., Martínez, A. I., & Otero, M. C. (2009). Ventajas del uso de las TICs en el proceso de enseñanza aprendizaje desde la óptica de los docentes universitarios españoles. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 29, 1–12.
- Fonseca, D., Martí, N., Redondo, E., Navarro, I., & Sánchez, A. (2014). Relationship between student profile, tool use, participation, and academic performance with the use of Augmented Reality technology for visualized architecture models. *Computers in Human Behavior*, 31, 434–445. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.03.006>
- Fonseca, D., Redondo, E., Valls, F., & Villagrasa, S. (2016). Technological adaptation of the student to the educational density of the course. A case study: 3D architectural visualization. *Computers in Human Behavior*, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.048>
- Fonseca, Climent, Vicent, & Canaleta. (2016). *Learning4work. Designing a new evaluation system based on scenario centered curriculum methodology: The pre-test. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 9753). https://doi.org/10.1007/978-3-319-39483-1_1
- Glick, S., Clevenger, C., & Porter, D. (2011). Integrating 3D Models in Construction Management Education : Masonry Interactive Homework. In *47th ASC Annual International Conference Proceedings* (pp. 261–265). Omaha, US.
- Grife, J. N. Z., Carcaño, R. G. S., & Fajardo, J. A. G. (2014). Design and development of software for optimal material cost estimating on aluminum works. *Revista de La Construcción*, 13(3), 45–53.
- Kocaturk, T. (2010). A Web-Based Teaching/Learning Environment to Support Collaborative Knowledge Construction in Design. *Journal of Information Technology in Construction*, 15, 271–290.
- Kondratova, I., & Goldfarb, I. (2004). Knowledge portal as a new paradigm for scientific publishing and collaboration. *ITcon*, 9(11), 161–174.
- Leopold, C., Gorska, R. a., & Sorby, S. a. (2001). International Experiences in Developing the Spatial Visualization Abilities of Engineering Students. *Journal for Geometry and Graphics*, 5(1), 81–91.
- Marchesi, Á. (2004). Da linguagem da deficiência às escolas inclusivas. In *Desenvolvimento psicológico e educação* (Second Edi, p. 720). Artmed Editora.
- Martí, N., Olivé, J., Adroer, M., Aumedes, X., Belil, X., Espinàs, J., Gelpí, C., Mateu, N., Prat, X. & Armand, P. (2014). Tecnologia - Construcció, Aula de Materials i Tallers in Situ. Retrieved from <http://www.salleurl.edu/tecnologia/>
- Monereo Font, C. (2012). El aprendizaje estratégico: FAQ. *Arbela: Hezkuntza Aldizkaria*, 44, 50–56.
- Nawari, N. O. (2010). Intelligent design in AEC education. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 15, 306–317.
- Prensky, M. (2004). *The emerging online life of the digital native*.
- Torres-Machi, C., Chamorro, A., Yepes, V., & Pellicer, E. (2014). Current models and practices of economic and environmental evaluation for sustainable network-level pavement management. *Revista de La Construcción*, 13(2), 49–56. <https://doi.org/10.4067/S0718-915X2014000200006>
- Weiser, M. (1991). The Computer for the 21st Century. *Scientific American*, 265(3), 94–104. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0991-94>

5 RESULTADOS

Los principales datos de la investigación realizada en estos últimos años quedan reflejados de forma compacta en los artículos y anexo presentados en esta tesis por compendio. No obstante, el proceso de captación, análisis, selección y representación ha sido mucho más profundo y exhaustivo.

En los siguientes apartados se mostrarán los resultados obtenidos en los dos principales ámbitos de la investigación:

- Análisis de datos relacionados con los resultados académicos y el seguimiento del PFG en La Salle, en función del Plan realizado.
- Análisis de las encuestas y datos recopilados para la evaluación de las principales competencias demandadas por el ámbito profesional que un estudiante finalista del grado en estudio debiera tener.

5.1 ANÁLISIS INICIAL DEL PFG-LA SALLE

Para la caracterización de las variables más relevantes que influyen en el desarrollo del PFG, se ha tenido en cuenta todos los trabajos presentados en la historia de los estudios en el campus La Salle. A tal efecto, si bien los estudios arrancan en el 1997, no se encuentran alumnos que presenten el PFG hasta febrero de 2002 (2 casos). A partir de entonces, y de forma cíclica, se encuentran defensas en las tres convocatorias existentes por año natural: la ya comentada de febrero, junto con la de junio y la de septiembre.

Las convocatorias se ajustan a nivel organizativo en el curso académico en base a una convocatoria ordinaria en junio, y otra extraordinaria en septiembre. Existe otra convocatoria en febrero que se considera extraordinaria “per se”, la cual sólo pueden aplicar aquellas personas que han repetido al menos una vez la asignatura, es decir que no han podido entregar ni en la ordinaria, ni en la extraordinaria del curso académico anterior.

El total de PFG analizados ha sido de 480 (febrero 2002 – septiembre 2016) y el objetivo de esta fase era caracterizar una serie de variables que posteriormente se estudiarán de forma analítica y comparativa entre periodos de Planes diferenciados. De manera global, algunos datos relevantes los podemos observar en las siguientes gráficas:

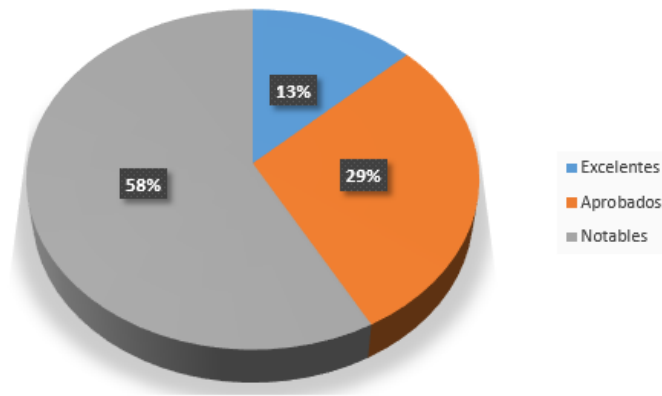


Ilustración 11.- Promedio de notas del PFG.

En la Ilustración 11, se muestra la distribución de notas obtenidas por los alumnos, y en la Ilustración 12 y 13, se pueden observar dichas notas en función de la tipología del PFG en relación a la base del trabajo de Obra Nueva y de Rehabilitación.

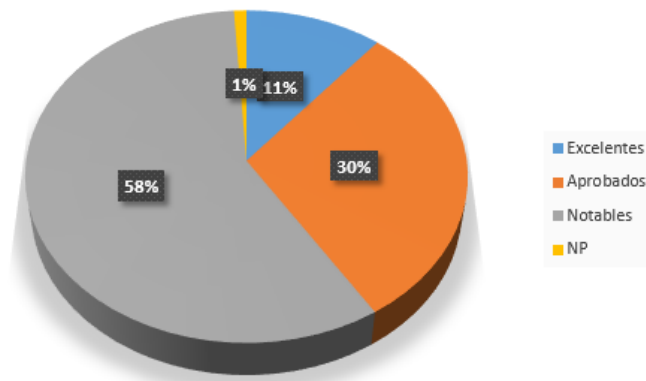


Ilustración 12.- Promedio de notas para proyectos de tipo Obra Nueva.

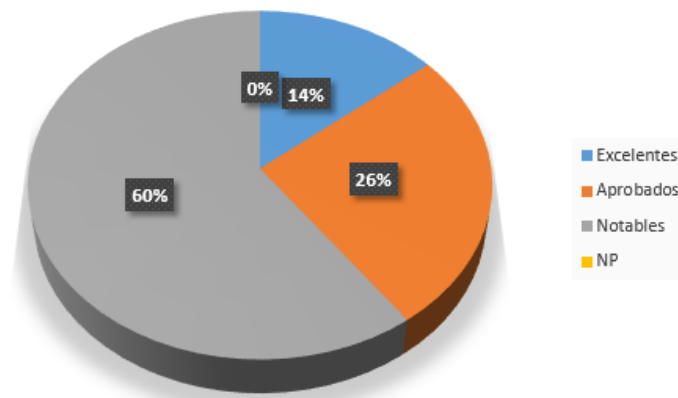


Ilustración 13.- Promedio de notas para proyectos de tipo Rehabilitación

Como se puede observar de las tres ilustraciones anteriores, a nivel global la distribución es similar y no se observan diferencias significativas. Este aspecto, fue uno de los detonantes de realizar una investigación mucho más profunda, ya que no era comprensible como una tipología de proyectos tan diferente, a priori, obtuviera una distribución académica tan similar.

Adicionalmente y a raíz de la puesta en cuestión de la nota y la distribución por tipología de proyectos, se procedió a un análisis preliminar de otras variables como se puede ver a continuación:

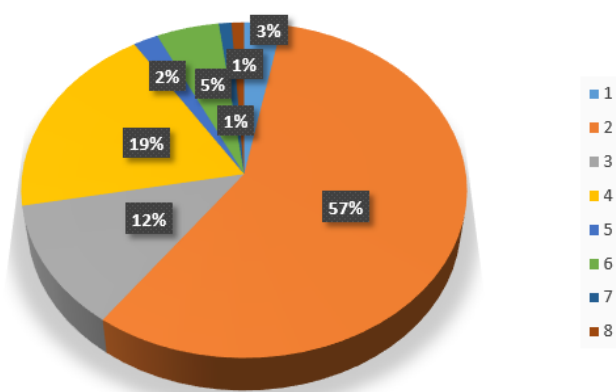


Ilustración 14.-Número de semestres para la realización y presentación del PFG.

Como se comprueba de la Ilustración 14, la mayoría de estudiantes son capaces de gestionar y presentar el PFG en el plazo establecido de 2 semestres. En caso de repetición del PFG (3-4 semestres), la tasa de presentación llega a un global del 88%. Relacionado con la duración del PFG y la tipología del proyecto, el promedio de realización se sitúa en 3.33 semestres, tanto para obra nueva como para rehabilitación.

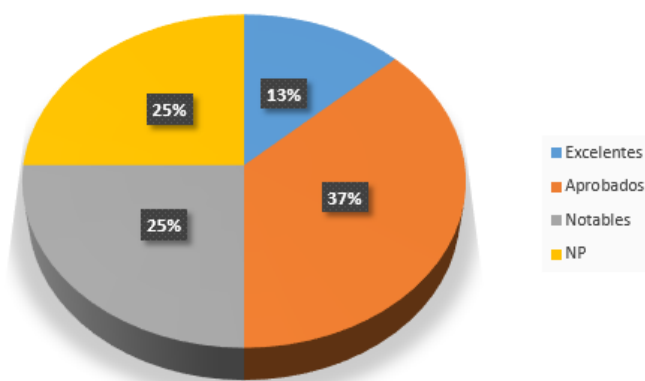


Ilustración 15.- Promedio de notas de los alumnos que han presentado el PFG en dos semestres sin ninguna otra asignatura matriculada.

En la Ilustración 15, se muestra el promedio de notas analizadas semestre a semestre por los alumnos en todo el periodo estudiado en función de si cursaban exclusivamente el PFG. En la Ilustración 16 se complementa la información con los casos de los alumnos que paralelamente al desarrollo y presentación del PFG, en el mismo semestre cursaban 1, 2 o hasta 3 asignaturas del grado.

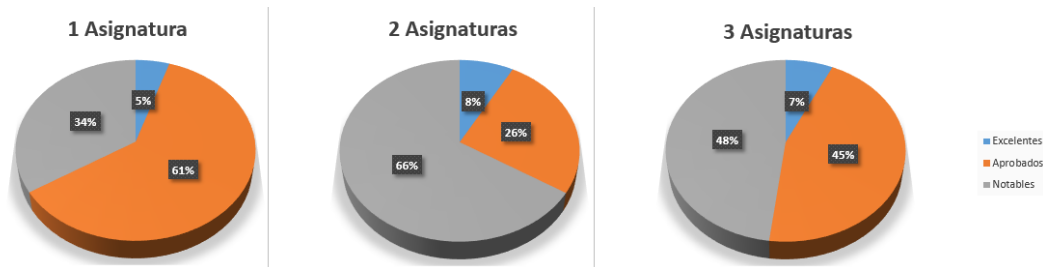


Ilustración 16.- Promedio de notas de los alumnos que han presentado el PFG en un semestre mientras cursaban 1, 2, o hasta 3 asignaturas de forma simultánea.

De nuevo, los datos globales ofrecen unos resultados que cuestionan el seguimiento del PFG por los alumnos. Se podría concluir en base a los resultados de la Ilustración 15 e Ilustración 16, que lo más óptimo a la hora de encarar el PFG es hacerlo cursando las 2 últimas asignaturas del grado (gráfico central de la Ilustración 16), ya que en dicha casuística la tasa de notas Excelentes y Notables es mayor que en el resto de combinaciones.

Una hipótesis que confirmaría los resultados sería que la obligación de asistir con una cierta regularidad a clase de las asignaturas cursadas junto con el PFG ayuda a sistematizar el trabajo y seguimiento del mismo, ayudando a tener al día las correcciones y el seguimiento.

En la Ilustración 17, se ha analizado la nota en función del posible trabajo en paralelo a nivel profesional del alumno.

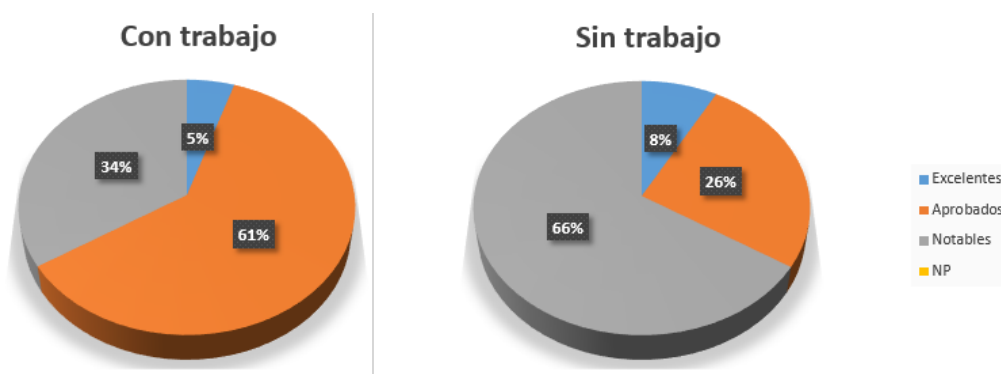


Ilustración 17.- Promedio de notas de los alumnos que en el semestre de presentación del PFG estaban o no trabajando.

Como se observa claramente, aquellos alumnos que compatibilizan el desarrollo del PFG con actividades laborales obtienen una calificación mayor (suma de Excelentes y Notables) que aquellos que no tienen dichas ocupaciones. La hipótesis de este dato refleja una mayor madurez de esta tipología de alumnos (con ocupación externa), siendo otro de los puntos a relacionar con la duración y número de correcciones que necesitan para la presentación del PFG.

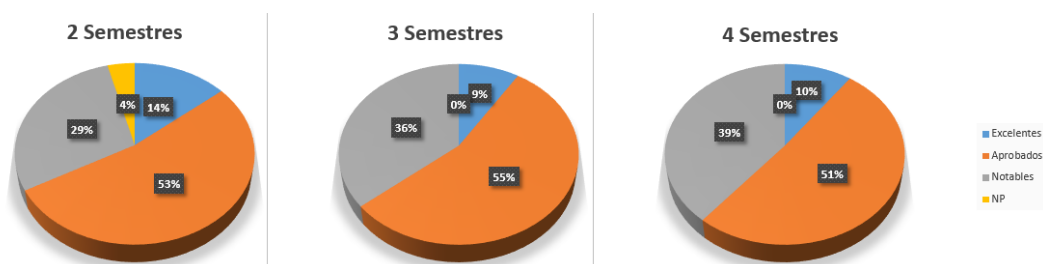


Ilustración 18.- Promedio de notas de los alumnos en función del número de semestres que han tardado en realizar el PFG.

Finalmente, en la Ilustración 18, se representa el promedio de notas en función de la duración del PFG. Como era previsible, en primera convocatoria se pueden observar un porcentaje de alumnos que no consiguen tener un proyecto presentable y que por consiguiente han de repetir la asignatura (NP). Independientemente de este dato, se observa una distribución similar en cuanto al promedio de notas global, un dato que inicialmente también nos generó dudas.

En base a la distribución del trabajo, número de correcciones y otras variables como las asignaturas cursadas a la vez, o la compatibilidad con tareas laborales externas, la percepción es que debieran haber mejores notas en los alumnos con desarrollos de dos semestres (potencialmente alumnos más aplicados) y/o aquellos con una gestión del PFG en 3 semestres: siendo estos aquellos alumnos que por cualquier circunstancia no haya podido acabar en el tiempo estándar, pero que con un periodo extra (convocatoria extraordinaria que ofrece el tercer semestre, así como con el incremento de revisiones), supuestamente hubieran podido evolucionar mucho mejor el proyecto.

En base a estos resultados preliminares se procedió a diseñar el estudio que presentamos en el siguiente apartado y que conforma el eje principal del artículo 1 del compendio.

5.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PFG-LA SALLE

En base al estudio inicial, cuyos principales datos se han referido en el apartado anterior, el siguiente proceso diseñado se ha centrado en identificar las relaciones entre las variables de estudio (tanto académicas como formales) que pueden afectar al desarrollo, y por consiguiente la nota del PFG. Para ello, se ha realizado una comparativa entre dos periodos temporales, en base a los proyectos presentados dentro de la convocatoria ordinaria en la ETSALS. Los periodos seleccionados buscan comparar distintas variables en el marco de los estudios de Arquitectura Técnica y el Grado de Arquitectura Técnica y Edificación (nomenclatura actual). De esta forma, buscamos establecer el grado de significancia y correlación que permita la replicación posterior del estudio tanto en otras escuelas como en otros grados.

Los criterios utilizados como base para establecer y definir los periodos de estudio de esta fase (inicial/PRE: 2004-2007, y posterior/POST: 2012-2015), y que por sus características han influido en la configuración, la metodología y los resultados obtenidos por los alumnos en el desarrollo del PFG, han sido:

- Marco Espacio de Formación Superior
- Marco normativo aplicación CTE
- Marco económico/social (crisis del sector de la construcción)

Las diferencias que ha sufrido el PFG de los alumnos de la ETSALS se pueden resumir en:

- Adaptación al número de créditos que establece la adaptación al EEES.
- La modificación cualitativa de la configuración de un proyecto ejecutivo según el Código Técnico de la Edificación
- Los requerimientos profesionales de un agente, en un entorno de crisis, donde las habilidades personales para poner en valor las competencias pueden resultar tan trascendentes como las mismas competencias.

Las variables recogidas y consideradas significativas han sido:

- La temática escogida sobre la cual basar el proyecto: Obra nueva o rehabilitación // Investigación y tecnología.
- Tiempo invertido para el desarrollo del proyecto (2 o más semestres).
- Variables relacionadas con la situación personal del alumno:

- Si trabaja al mismo tiempo que desarrolla el proyecto,
- Con cuantas otras asignaturas lo compatibiliza.
- Variables relacionadas con la logística de las clases: Como el número de correcciones que ha solicitado durante el desarrollo del proyecto.
- Y por último las variables directamente relacionadas con el rendimiento académico: Nota promedio del expediente del alumno, nota del PFG.

La muestra ha sido de 56 PFG, distribuidos en 32 presentados en la etapa PRE (2005-2007) y 24 en la etapa POST (2013-2015). La distribución por tipo de proyecto se observa en la Ilustración 19:



Ilustración 19.- Distribución PFG, PRE vs. POST por tipología.

En base a la diferencia observada, se realizó un análisis estadístico (bajo los parámetros indicados en 3.4.3), para evaluar si la diferencia es significativa ($p = 0.02$), aspecto que se confirma según la explicación ampliada que se puede ver en Peña, Fonseca, Martí (2016). A diferencia de lo observado en el estudio global del apartado anterior, un primer dato indicativo del cambio de tendencia en los estudios es claramente observado. En el periodo POST del grado, establecido con una duración de 240 créditos ECTS, han disminuido los proyectos de rehabilitación (continuando como tipología mayoritaria), y han aumentado el resto de tipologías de forma significativa. En base a este cambio de tendencia el siguiente paso ha sido analizar la nota del PFG de forma comparativa entre periodos (ver Ilustración 20).

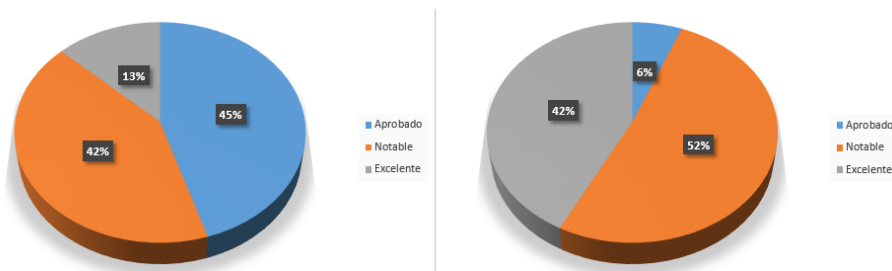


Ilustración 20.- Distribución de notas del PFG, PRE vs. POST.

De nuevo se observa un comportamiento claramente diferencial y significativamente estadístico. Como se observa en la Ilustración 20, en el periodo POST han aumentado significativamente el porcentaje de notas de PFG excelentes y notables, lo cual lleva a plantearse como hipótesis de trabajo si el nuevo Plan de 4 cursos prepara mejor a los estudiantes de cara a trabajar el PFG, o si simplemente los estudiantes han mejorado en cuanto a calidad en el periodo PRE.

Antes de evaluar si existen un perfil de estudiantes diferente (respecto a su nivel académico) que contamina el resultado final del PFG, se va a analizar el promedio de la nota del PFG en función de la tipología del proyecto. Adicionalmente se ha incorporado el promedio de correcciones y número de semestres para la realización del PFG (ver Tabla 5.1):

Tabla 5-1.- Nota Final del PFG en función de la ETAPA (Pre vs. Post), y de la TEMÁTICA, relacionando también el promedio de correcciones y el de semestres de realización del PFG.

Temática	ETAPA PRE			ETAPA POST		
	<i>Nota PFG</i>	<i>Nº Correcc.</i>	<i>Semestres</i>	<i>Nota PFG</i>	<i>Nº Correcc.</i>	<i>Semestres</i>
Obra Nueva	6.40	14.50	3.4	7.18	22.27	4.0
Rehabilitación	6.62	12.25	3.2	8.41	18.75	2.6
Sin especificar	7.00	11.66	3.6	8.00	25.00	3.0
Globalmente	6.67	12.63	3.4	7.86	22.00	3.2

Los datos de la Tabla 2 arrojan una evidencia contundente: existe un incremento significativo en la nota del PFG, y para cualquier modalidad, en el periodo POST ($p = 0.000$). Este resultado vuelve a referir a la anterior hipótesis planteada: el aumento de nota proviene del cambio metodológico/seguimiento del PFG y en definitiva por el aumento competencial del grado, o simplemente es una casuística relacionada con la calidad de los alumnos. Adicionalmente se comprueba otra alteración respecto el estudio global inicial: El promedio de realización de los proyectos de obra nueva ha subido a 4 semestres (3,33 en comparación con el periodo PRE), mientras que el promedio de los proyectos de rehabilitación ha bajado a 2,69 semestres (por los 3,33 del periodo PRE para esta tipología). Según estos resultados, queda demostrado que los PFG de Rehabilitación son proyectos que se pueden realizar en menor tiempo y que potencialmente obtienen mejor nota. Según esta afirmación, podríamos concluir que son proyectos, más acotados o pautados y que su realización permite obtener unos resultados finales que académicamente son más óptimos, respecto los proyectos de Obra Nueva. Estos últimos, y analizando los resultados obtenidos, suelen necesitar un mayor tiempo de realización y suelen obtener notas inferiores. Según este análisis, potencialmente alumnos con menor

capacitación podrían tener problemas en la realización de proyectos de Obra Nueva en comparación con los proyectos de Rehabilitación.

Con el objetivo de clarificar la hipótesis anteriormente planteada sobre el perfil de los alumnos, el siguiente paso realizado se ha centrado en estudiar el promedio de notas a lo largo del grado con el promedio de notas del PFG, añadiendo variables personales que pueden influenciar, según el estudio previo, el desarrollo del PFG, como son el número de semestres en que se ha realizado y presentado el PFG y el número de asignaturas que el alumno cursaba a la vez que el PFG. Globalmente el promedio de notas obtenido por los estudiantes en el transcurso del grado ha sido de 6.04 en la etapa PRE y de 6.14 en la etapa POST, sin una significancia estadística en la comparativa entre promedios. Este dato es altamente relevante, ya que nos indica que el perfil previo de los estudiantes que cursan el PFG lo podemos considerar homogéneo, y por tanto, **las diferencias significativas observadas en los resultados se pueden atribuir a la metodología y seguimiento definidos para el PFG de la etapa POST**, dentro del Plan Bolonia.

Así mismo, y según se explicita en Peña, Fonseca, Martí (2016), además de la diferencia explicitada, se observa una diferencia significativa entre los estudiantes que cursan el PFG en 2 semestres o más, obteniendo una nota mayor aquellos que se ajustan a normativa de realización en 2 semestres. En este sentido, el promedio más óptimo que maximiza la nota sitúa el número de correcciones del PFG entre 16-17. El dato de hacer más correcciones no se justifica con una nota mayor, así como el extender más allá de lo previsto la realización del PFG en 3 ó más semestres. A partir de los resultados obtenidos, y dado que a nivel académico (nota final del PFG), parece ser que el actual Plan Bolonia preparar mejor que el anterior con menos créditos (270 vs. 180), queda por analizar si las actividades académicas que conforman el PFG se adecúan a las necesidades laborales del sector, y en caso contrario ver que posibles soluciones se podrían adoptar. Estos aspectos se resumen en el siguiente apartado de la tesis.

5.3 ANÁLISIS DE COMPETENCIAS PROFESIONALES

A partir de los resultados obtenidos en la caracterización del PFG del grado La Salle, tanto en su etapa Pre, como Post y a nivel global, queda claro que la evolución de los estudios y la adaptación del PFG ha mejorado, al menos a nivel académico, las capacidades del alumno. En este contexto y a partir de los datos presentados por Jordana, del Río (2015), donde se presenta una perspectiva empresarial analítica de los estudios de edificación, se abre la puerta a analizar:

- Las principales competencias demandadas por el sector de la edificación a nivel estatal.
- Si dichas competencias y/o la percepción de las mismas se asemeja a la percepción local del PFG La Salle (profesionales del sector locales, profesores del grado y estudiantes/egresados).
- En función de los datos obtenidos previamente, ¿Es necesario reformular el PFG para una mejor adaptación del alumno a su inminente incorporación laboral?

La investigación de partida de esta tercera fase la realiza la Universidad Politécnica de Madrid (Escuela Técnica Superior de Edificación). La información presentada está revisada por la Comisión de la CODATIE (Conferencia de Directores de Arquitectura Técnica e Ingeniería de la Edificación). El objetivo de la investigación inicial se posiciona en la mejora de la metodología de los estudios de Arquitectura Técnica en función de las expectativas de las empresas. El punto de partida del estudio se sitúa en la preparación y adquisición de competencias de los estudiantes actuales.

Para este proceso, se diseñó una encuesta con 24 preguntas sobre competencias específicas y genéricas de la titulación, las cuales fueron enviadas a diferentes empresas del sector para ser valoradas, donde cada una debía ser puntuada en una escala de Likert sobre 5. Así mismo, fueron evaluados unos alumnos del Grado en Arquitectura Técnica, para poder comparar la importancia que le dan las empresas a ciertas competencias con la percepción sobre la preparación que reciben los alumnos⁶³.

⁶³ Al respecto indicar que, el estudio referenciado aporta datos muy limitados de la muestra para su evaluación estadística: número de encuestas (106 encuestas en toda España), a profesionales por su ámbito de actividad (92 muestras), tamaño empresarial, y localización, y sin más datos sobre los estudiantes (de lo cual se deduce que fueron 14).

La importancia ordenada de las competencias específicas para las empresas y la percepción recibida por los alumnos es la que se puede observar en la Ilustración 21.

DESCRIPCIÓN DE LA COMPETENCIA	IMPORTANCIA EN EL ÁMBITO EMPRESARIAL	PREPARACIÓN ALUMNOS
Conocer los principios básicos del régimen jurídico en la edificación y el marco de regulación de la gestión y la disciplina urbanística.	3.5	3
Conocer los principios básicos de la organización de empresas y del trabajo profesional, de los sistemas de producción y los planes financieros. Tener capacidad para realizar estudios de mercado, valoraciones, tasaciones y estudios de viabilidad inmobiliaria.	3.56	2.77
Tener capacidad para llevar a cabo el diseño, la ejecución y el mantenimiento de instalaciones.	3.6	2.37
Utilizar los conocimientos de materias básicas (matemáticas, estadística, mecánica, calor, electricidad, acústica, química y mecánica de fluidos) aplicadas a la edificación.	3.6	3.11
Tener aptitud para el cálculo de estructuras y para dirigir su ejecución material.	3.92	2.75
Conocer las normativas específicas de la prevención y tener la aptitud para redactar planes de seguridad y salud laboral y proyectos de evacuación de edificios.	4.07	2.88
Tener capacidad para evaluar el impacto medioambiental y la eficiencia energética de los edificios.	4.1	2.5
Tener aptitud para la gestión del control de calidad en las obras y la gestión de la calidad en las empresas.	4.22	2.87
Conocer las características de los sistemas y tecnologías constructivas, su evolución y los procedimientos específicos de control de la ejecución de obra.	4.32	2.87
Conocer las características de los materiales de construcción y elementos y tener capacidad para programar el control de calidad.	4.37	3.11
Tener capacidad para programar y organizar los procesos constructivos.	4.41	2.87
Tener capacidad para redactar proyectos técnicos y documentos que formen parte de proyectos de ejecución de obra según las normativas, así como conocer los procedimientos administrativos, de gestión y tramitación en la edificación.	4.58	2.75
Tener aptitud para intervenir en la rehabilitación de edificios, realizar propuestas para evitar o resolver patologías constructivas y elaborar manuales y planes de mantenimiento.	4.62	2.87
Utilizar técnicas de representación gráfica de los procesos constructivos, así como realizar levantamientos de planos y control geométrico de una obra.	4.63	3.66
Tener capacidad para analizar y controlar costes del proceso constructivo y elaborar presupuestos.	4.66	2.62
	MEDIA	2.86

Ilustración 21.- Grado de importancia de las competencias específicas según las empresas y comparadas con la percepción de los estudiantes en cuanto a la preparación recibida. Fuente: (Jordana, del Río, 2015).

Siguiendo el mismo método, en la Ilustración 22, se puede observar el resultado referido a las competencias genéricas evaluadas por la encuesta.

DESCRIPCIÓN DE LA COMPETENCIA	IMPORTANCIA EN EL ÁMBITO EMPRESARIAL	PREPARACIÓN EN LA UNIVERSIDAD
Dominar una lengua extranjera	3.5	3
Tener capacidad de emprender y de innovar	4.05	2.77
Tener consciencia de la importancia de la sostenibilidad y del compromiso social	4.17	2.37
Tener capacidad de hacer un uso solvente de los recursos de información	4.34	3.11
Tener capacidad para el aprendizaje autónomo	4.34	2.75
Tener capacidad de comunicación eficaz oral y escrita	4.41	2.88
Tener capacidad de trabajar en equipo	4.57	2.5
	MEDIA	4.20
		2.77

Ilustración 22.- Grado de importancia de las competencias genérica según las empresas y comparadas con la percepción de los estudiantes en cuanto a la preparación recibida. Fuente: (Jordana, del Río, 2015).

Como conclusiones generales del estudio se puede destacar:

- Expectativas de las empresas por encima de la preparación de los egresados. En general los egresados están preparados por debajo de las expectativas de los empleadores (ver Ilustración 23):

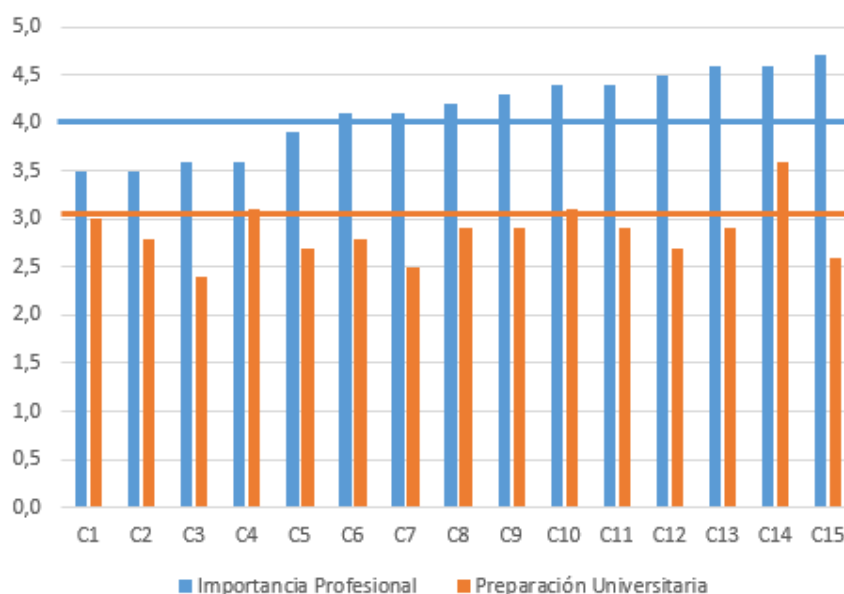


Ilustración 23.- Comparativa entre el grado de importancia demandado por las empresas y la percepción de capacitación de los estudiantes de las competencias específicas.

- Otorgan más importancia “globalmente” a las competencias específicas frente a las genéricas.
- La media de importancia otorgada a las 15 competencias específicas fue de 4.14/5 y las que entienden más importantes son:
 - Utilizar técnicas de representación gráfica.

- Tener conocimientos sobre rehabilitación de edificios.
- Analizar y controlar costes y presupuestos.
- La media de importancia otorgada a las 7 competencias genéricas fue de 4.19/5 y las reconocidas como más importantes (ver Ilustración 24):
 - Tener capacidad para el aprendizaje autónomo.
 - Trabajar en equipo.

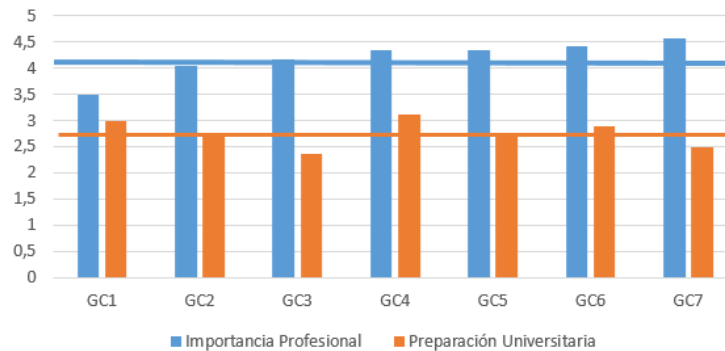


Ilustración 24.- Comparativa entre el grado de importancia demandado por las empresas y la percepción de capacitación de los estudiantes de las competencias genéricas.

- Los propios egresados creen que necesitan más formación en competencias genéricas.
- En cuanto a la preparación en competencias específicas sólo obtienen una nota de 2.55, destacando la:
 - Preparación de los egresados en representación gráfica.
 - Levantamientos de planos.
 - Conocimientos sobre materias básicas, materiales, elementos constructivos y calidad.
- Obtienen mejor nota en la preparación de competencias genéricas 3.55, destacando la capacidad de trabajar en equipo (4.37) aunque algo debajo de la expectativa (4.57).

A partir de los resultados de esta encuesta, y de las dos fases analíticas previas de la investigación, se diseñó una encuesta para su replicación a nivel global. El objetivo de la misma era corroborar los datos y compararlos con la encuesta original, para:

- Realizar una encuesta sobre una muestra controlada y detallada que permita analizar los datos de forma exhaustiva.
- Analizar si la perspectiva nacional de estudio se cumple a nivel local.

- Evaluar si la percepción de los estudiantes/egresados de La Salle se ajusta o no a la percepción profesional local.
- Relacionar los resultados con las actividades de aprendizaje del actual PFG de cara a su posible rediseño/cambio metodológico/funcional.

La encuesta/muestra realizada en el marco de la investigación tiene los siguientes datos básicos:

- N = 190 encuestas:
 - 104 profesionales
 - 46 autónomos
 - 31 empleados de empresa privada
 - 9 empleados de Administración pública
 - 18 profesores (que también tienen actividad profesional)
 - 86 alumnos
 - 26 cursando grado
 - 60 con grado finalizado

Replicando la representación gráfica del estudio preliminar, la valoración de las competencias específicas identificadas se observa en la Ilustración 25:

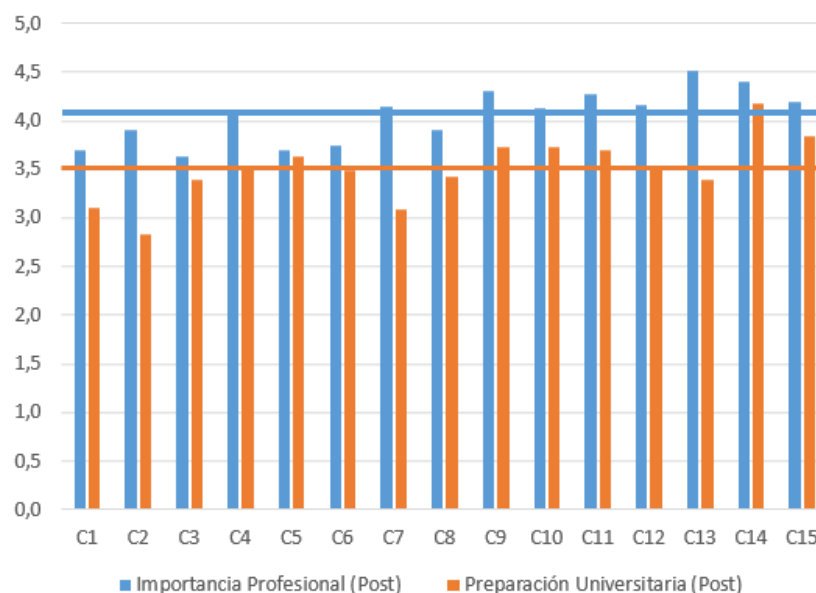


Ilustración 25.- Comparativa entre el grado de importancia demandado por las empresas y la percepción de capacitación de los estudiantes de las competencias específicas (encuesta Salle).

La valoración obtenida de las 7 competencias genéricas identificadas previamente la podemos observar en la Ilustración 26:

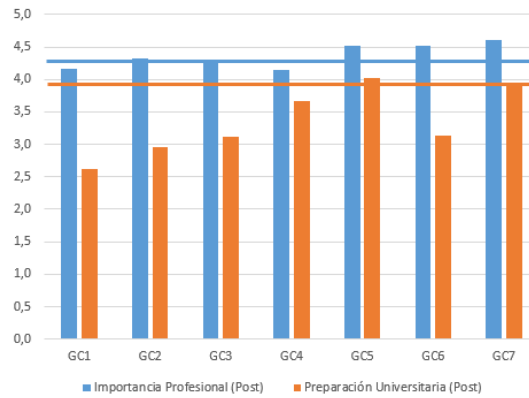


Ilustración 26.- Comparativa entre el grado de importancia demandado por las empresas y la percepción de capacitación de los estudiantes en competencias genéricas (encuesta La Salle).

Los resultados de nuestro estudio muestran:

- Un acercamiento entre la percepción de la capacitación recibida por los estudiantes respecto a la importancia dada por el sector profesional a las competencias (se ha reducido el promedio de la diferencia de 1.27 puntos a 0.55).
- Valoración similar (sin diferencias significativamente estadísticas), entre la valoración de las competencias por el sector profesional (4,17 estudio previo, 4.05 estudio La Salle), ver Ilustración 27:

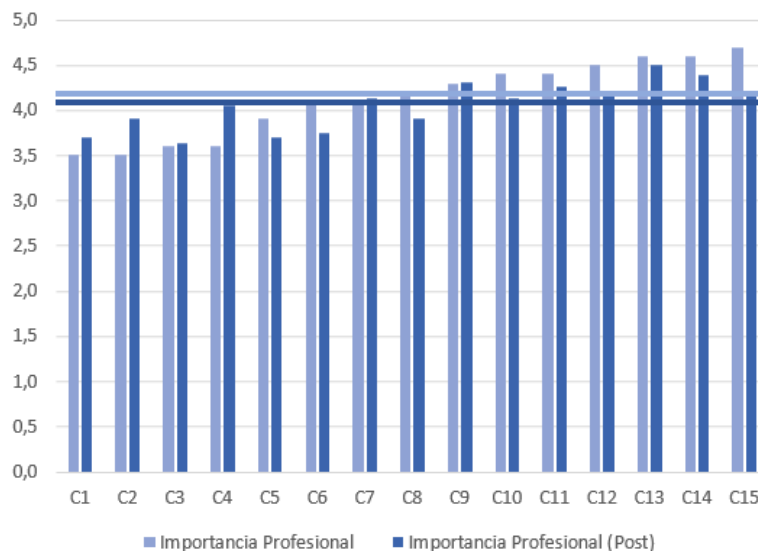


Ilustración 27.- Comparativa estudio previo y estudio La Salle de valoración competencias específicas por parte de los profesionales.

La Ilustración 28 muestra la diferencia significativa entre la percepción de los estudiantes sobre su preparación comparando los dos estudios, el inicial y el Post que ha sido el realizado en La Salle.

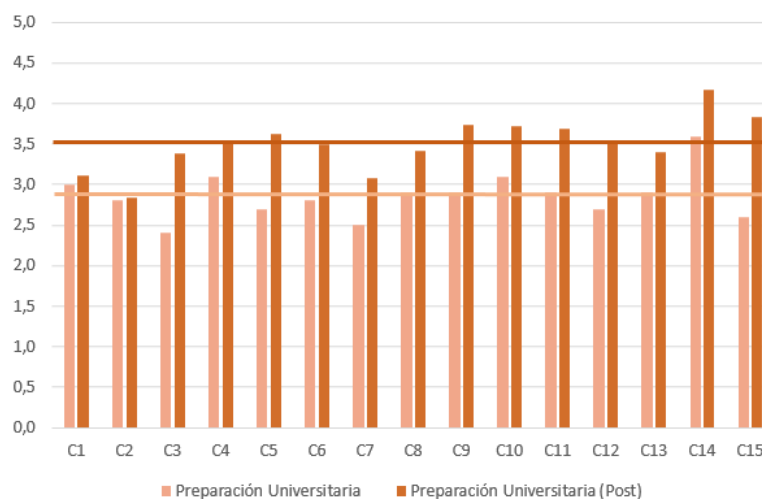


Ilustración 28.- Comparativa estudio previo y estudio La Salle de percepción en la preparación de competencias específicas por parte de los estudiantes.

Este resultado es relevante tanto en cuanto los alumnos de La Salle perciben una mayor preparación en dichas competencias, reduciendo el margen con la necesidad que explicitan los profesionales. Esta “presunta” preparación, y se cita lo de “presunta”, ya que debiera ser estudiada y corroborada, acerca la opción de poder afirmar que el actual grado y por ende el PFG están capacitando de forma adecuada al alumno para su incorporación laboral.

Lógicamente, quedaría una etapa posterior de análisis, que se enuncia en el apartado de Conclusiones y que viene a dar soporte y continuidad a estos datos referidos. Básicamente, se puede enunciar como siguiente paso la necesidad de relacionar las principales competencias con su evaluación dentro de las actividades de aprendizaje del PFC. En la medida que exista una alta correlación (es decir, las actividades más importantes por cantidad o ponderación de nota se relacionan con las principales competencias profesionales identificadas) se podrá afirmar que la percepción de los estudiantes es correcta, y gracias a la analítica utilizada el PFG se ajusta a las necesidades profesionales, prepara correctamente a los alumnos y no necesita de cambios fundamentales. En caso contrario, es decir, que se perciban competencias principales relacionadas con actividades de bajo valor o ponderación, (o el caso contrario), la percepción del alumno puede estar distorsionada, siendo necesario replantear/reformular el PFG en base a los datos obtenidos.

Finalmente, en las Ilustración 29 e Ilustración 30, se puede observar la comparativa entre el estudio previo y el propio realizado en el marco de la investigación donde se comparan los valores obtenidos de las competencias

genéricas. En ambos casos, el comportamiento es similar al obtenido con las competencias específicas:

- Los resultados profesionales son similares y sin diferencias significativas
- La percepción de preparación de los estudiantes es significativamente mayor para el caso de la muestra experimental.

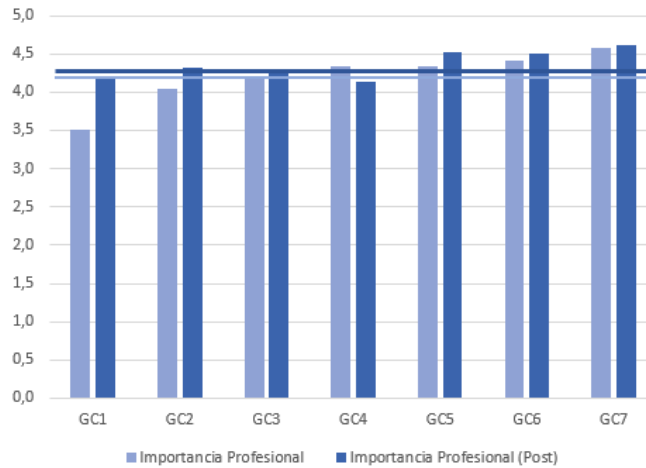


Ilustración 29.- Comparativa estudio previo y estudio La Salle de valoración competencias genéricas por parte de los profesionales.

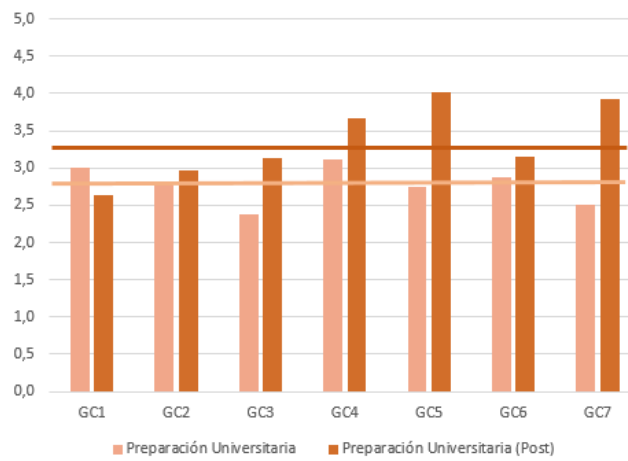


Ilustración 30.- Comparativa estudio previo y estudio La Salle de percepción en la preparación de competencias genéricas por parte de los estudiantes.

6 CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE FUTURO

Tal y como se indica en la introducción, el objetivo principal de la investigación ha sido la caracterización del PFG del Grado en Arquitectura Técnica y Edificación. Mediante la comprobación de las hipótesis planteadas, y mediante una aproximación analítica, se ha pretendido analizar las necesidades y posibles cambios a realizar en la estructura del PFG para adaptarlo de forma más óptima a las competencias profesionales más demandadas por el sector.

La decisión de cómo cambiar o adaptar, si es necesario, ciertas actividades educativas, como en nuestro caso de estudio la asignatura del PFG, a las necesidades/competencias profesionales, es un campo en estudio continuo y con innumerables contribuciones previas (Elliot, 1991; Becerik-Gerber & Kensek, 2009; Becerik-Gerber, Gerber, & Ku, 2011; Tigelaar, Dolmans, Wolfhagen, & Van Der Vleuten, 2004; Ivarsson, 2010; Ahn, Annie, & Kwon, 2012). Las competencias identificadas para cada materia, o estudios, no solo suelen estar cambiando de forma continua, sino que fácilmente no todas son asumibles durante la etapa formativa, ya que se van adquiriendo durante toda la vida de práctica educativa y profesional (The Australian Institute of Quantity Surveyors, 2012).

Por otro lado, y sobre la adquisición de competencias, es fácil encontrar estudios que se posicionan tanto positiva como negativamente respecto al enfoque de una educación superior basada en competencias. Los contrarios a estos enfoques los critican por ser aproximaciones mecanicistas y prescriptivas, mientras que en lado contrario encontramos los que consideran que un enfoque educativo basado en competencias beneficia a la educación superior ya que aclaran los resultados esperados de los programas, particularmente en relación con los requisitos del ámbito profesional (Jefferies, Chen & Conway, 2012).

Asimismo, es difícil extrapolar los resultados de los estudios existentes, incluso de nuestra investigación, debido a la disparidad de atribuciones y competencias profesionales según la nación o el contexto geográfico (Lysov, Balzannikov, Evstropov & Lysov, 2015; The Construction Industry Development Board, 2011; The Chartered Institute of Building, 1997; Mohamad, Yaman, Hassan & Ismail, 2016). Todas las propuestas apuntan a identificar los aspectos que permitirán modernizar los sistemas educativos, identificando las principales estructuras del ámbito profesional de la construcción para relacionarlos con los

programas, tanto de educación superior como de reciclaje profesional. Las habilidades y competencias profesionales más importantes identificadas en los estudios referenciados (The Chartered Institute of Building, 1997; Egbu, 2010), se centran en las competencias básicas y transversales, tales como:

- Toma de decisiones (liderazgo),
- Comunicación (oral / escrita),
- Gestión de la información,
- Planificación del trabajo,
- Capacidad de motivación del grupo de trabajo...

Así como competencias más específicas como:

- Gestión de la seguridad en la obra,
- Evaluación de factores de riesgo,
- Medida de costes ambientales,
- Uso de sistemas de representación paramétricos del proyecto,

En cualquier caso, estos ejemplos se centran en un nivel global de los estudios, y no tanto en la actividad del PFG, aspecto diferencial de la tesis.

El proceso de emparejar los requisitos profesionales con el diseño del grado o el PFG no es un proceso sencillo. El grado habilita para una gran diversidad de tareas y funciones, todo ello en un entorno empresarial en constante cambio (Egbu, 2010). A todo ello, hay que añadir las evidencias que han demostrado como el interés, el estrés, la efectividad del aprendizaje y el rendimiento académico de un estudiante están estrechamente relacionadas en la adquisición de las competencias definidas, y por ende en la capacitación del alumno.

En este sentido, se encuentran nuevos enfoques que posicionan el seguimiento y el proceso de tutorización (tutoría afectiva) del alumno como aspectos fundamentales a la hora de conseguir que el alumno desarrolle actividades complejas de forma óptima (Kaklauskas, Kuzminskė, Zavadskas, Daniunas, Kaklauskas, Seniūt, Raistenskis, Safanov, Kliuskas, Juozapaitis, Radzeviciene, & Cerkauskienė, 2015), incluso minimizando el riesgo de abandono (Fonseca, Montero, Guenaga & Mentxaka, 2017).

De esta forma, se consigue un acercamiento a los estudiantes, sus problemas y el desarrollo de sus proyectos, que genera una empatía muy positiva

entre el docente y el alumno, lo cual permite integrar desde enfoques complejos, pasando por nuevas tecnologías y acabando en resolución de problemas complejos en el conocimiento de los estudiantes, y de esta forma, mejorar en el control de sus emociones y reducir su estrés. Estos procesos de tutoría son y pueden ser fundamentales en uno de los aspectos identificados como clave en la investigación: el uso y desarrollo de tecnologías BIM aplicadas para mejorar las competencias específicas de representación y gestión en la construcción (Clevenger, Ozbek, Glick & Porter, 2010). Estas tecnologías se han posicionado como fundamentales en el proceso constructivo a nivel mundial (Centoforn, 2017), y en nuestro caso, deben incorporarse de manera eficiente en el desarrollo del PFG (actualmente más establecido de manera programada en temas específicos a lo largo del grado.

Para la validación tanto de las hipótesis como de los objetivos más concretos definidos, cabe recordar que como factor diferencial, la investigación se ha basado en una aproximación analítica. Estos procesos evaluativos, tanto los basados en LA cómo en AA, respaldan el desarrollo de un sistema de educación y capacitación profesional de calidad, dado que:

- **Identifican las fortalezas y debilidades de un sistema educativo y sus actividades de capacitación.** Como queda claro del proceso seguido en la investigación, el análisis realizado ha permitido identificar los puntos fuertes y débiles personales en el desarrollo del PFG, así como la relación existente entre las competencias y actividades de aprendizaje, lo que por ende afecta a la evaluación final del PFG.
- **Observa y analiza cómo se usan los recursos, involucrando y relacionando a los actores del sistema educativo.** Uno de los aspectos fundamentales desarrollados y estudiados se ha basado en la obtención y análisis de las relaciones existentes entre el entorno educativo y el profesional, aspecto que respaldan dichas técnicas.
- **Asegura que efectivamente ha ocurrido un cambio con efectos en el contexto institucional y social de estudio.** Este cambio, y dado que el proceso de identificación, cambio y re-evaluación es muy lento, queda identificado como una de las líneas de futuro del trabajo, ampliando incluso el enfoque a estudios de las ramas más técnica y aplicadas.

6.1 DISCUSIÓN

Con el fin de evaluar las hipótesis definidas en la introducción y que posteriormente se abordarán, a continuación se presentan los objetivos principales diseñados para la investigación:

HIPÓTESIS 1 (H1): El actual PFG (plan Bolonia), prepara de forma más eficiente a los estudiantes de arquitectura técnica para su incorporación laboral, en comparación con el PFC de los estudios equivalentes pre-Bolonia.

- **Objetivos enlazados con H1:**
 - O1: Comparar los resultados académicos del PFG entre periodos pre/post plan Bolonia. Con este objetivo se pretende analizar si los alumnos obtienen mejores resultados con el cambio de la temporalidad del grado (de 3 a 4 años), y por consiguiente se mejora el nivel competencial del PFG.
 - O2: Identificar las variables, tanto personales como académicas de seguimiento del PFG que afectan más al desarrollo del mismo. Este aspecto es vital, ya que posteriormente nos debe permitir establecer relaciones y modelos predictivos que mejoren el enfoque del PFG en función del alumno.
 - O3: Investigar sobre trabajos previos y estudios que documenten los objetivos de trabajo.

Tal y como se ha comprobado con el artículo #1 del compendio, y de forma ampliada en el apartado 5.1 de los Resultados, se ha identificado una mejora de los resultados en el etapa post-Bolonia, respecto a un periodo equivalente previo a la modificación del Plan de Estudios. Así mismo en el artículo #1 y en el Preámbulo de este capítulo se ha conseguido evolucionar el resto de objetivos asociados a la H1 enunciada. En conclusión, **se puede afirmar que la hipótesis de trabajo inicial (H1) se cumple de forma efectiva**, y el actual grado, junto con el diseño del PFG prepara de forma más óptima al alumno para su incorporación laboral que en Plan anterior de tan solo 180 créditos.

Por otro lado, es interesante recordar que el PFG, según el Plan de Estudios, es compatible con hasta 48 créditos más en el mismo año, aspecto que no se corrobora en el estudio realizado. Como se comprueba, lo ideal en la práctica es no cursar más allá de dos o tres asignaturas a la vez, dada la carga de trabajo que el

PFG genera. Este aspecto revela sin duda un punto de vista continuista (clara línea de futuro), donde hay que evaluar la adaptación del PFG y su inclusión directa en el desarrollo de asignaturas del último curso, incluso de cursos previos para mitigar el impacto temporal que este tiene. Lógicamente y como se observa de los estudios posteriores, no se cree que el PFG deba menguar en cuanto a contenidos y/o dedicación ya que se demuestra como capacita al alumno de forma adecuada para su inserción laboral, y reducir su tamaño (en cuanto a forma, cantidad o duración), podría influir negativamente en dicha preparación.

HIPÓTESIS 2 (H2): El PFG del actual plan, no se adapta a las necesidades profesionales actuales, siendo necesario un cambio en las actividades de aprendizaje y su ponderación para una mejor preparación del estudiante.

- **Objetivos asociados con H2**, los objetivos definidos han sido:
 - O4: Identificar las competencias más demandadas a nivel profesional en el sector de la Arquitectura Técnica y la Edificación.
 - O5: Comparar la ponderación/importancia que de dichas competencias identificadas en el objetivo anterior dan los profesores del grado y/o los estudiantes.
 - O6: Evaluar si las competencias identificadas en el ámbito estatal se equiparan en el ámbito local de Catalunya, y de otros países, teniendo en cuenta la idiosincrasia del grado en estudio.

Como se comprueba del artículo B del compendio, y de forma ampliada en los apartados 5.2 y 5.3 de los Resultados, se han identificado las competencias genéricas y específicas más demandadas a nivel profesional del sector, y se ha corroborado el estudio inicial con un estudio propio, mucho más amplio en la muestra y en su definición.

Las competencias evaluadas en base al primer estudio de Jordana y del Rio (2015) fueron:

- Específicas:
 - C1: Conocer los principios básicos del régimen jurídico en la edificación y el marco de regulación de la gestión y la disciplina urbanística.

- C2: Conocer los principios básicos de la organización de empresas y del trabajo profesional, de los sistemas de producción y los planes financieros. Tener capacidad para realizar estudios de mercado, valoraciones, tasaciones y estudios de viabilidad inmobiliaria.
 - C3: Tener capacidad para llevar a cabo el diseño, la ejecución y el mantenimiento de instalaciones.
 - C4: Utilizar los conocimientos de materias básicas (matemáticas, estadística, mecánica, calor, electricidad, acústica, química y mecánica de fluidos) aplicadas a la edificación.
 - C5: Tener aptitud para el cálculo de estructuras y para dirigir su ejecución material.
 - C6: Conocer las normativas específicas de la prevención y tener la aptitud para redactar planes de seguridad y salud laboral y proyectos de evacuación de edificios.
 - C7: Tener capacidad para evaluar el impacto medioambiental y la eficiencia energética de los edificios.
 - C8: Tener aptitud para la gestión del control de calidad en las obras y la gestión de la calidad en las empresas.
 - C9: Conocer las características de los sistemas y tecnologías constructivas, su evolución y los procedimientos específicos de control de la ejecución de obra.
 - C10: Conocer las características de los materiales de construcción y elementos y tener capacidad para programar el control de calidad.
 - C11: Tener capacidad para programar y organizar los procesos constructivos.
 - C12: Tener capacidad para redactar proyectos técnicos y documentos que formen parte de proyectos de ejecución de obra según las normativas, así como conocer los procedimientos administrativos, de gestión y tramitación en la edificación.
 - C13: Tener aptitud para intervenir en la rehabilitación de edificios, realizar propuestas para evitar o resolver patologías constructivas y elaborar manuales y planes de mantenimiento.
 - C14: Utilizar técnicas de representación gráfica de los procesos constructivos, así como realizar levantamientos de planos y control geométrico de una obra.
 - C15: Tener capacidad para analizar y controlar costes del proceso constructivo y elaborar presupuestos.
- Genéricas:
 - GC1: Dominar una lengua extranjera

- GC2: Tener capacidad de emprender y de innovar
- GC3: Tener consciencia de la importancia de la sostenibilidad y del compromiso social
- GC4: Tener capacidad de hacer un uso solvente de los recursos de información
- GC5: Tener capacidad para el aprendizaje autónomo
- GC6: Tener capacidad de comunicación eficaz oral y escrita
- GC7: Tener capacidad de trabajar en equipo

Lógicamente, y como ya se ha indicado previamente, las competencias listadas no son todas las competencias necesarias sino aquellas identificadas por el sector como principales (ver Ilustración 31 e Ilustración 32). Este primer estudio reflejaba una diferencia entre las expectativas de las empresas, que se sitúan por encima de la preparación percibida por los egresados, aspecto que los mismos egresados confirman como algo a mejorar. La sensación observada es que los alumnos adquieren los conocimientos teóricos pero falta práctica que los refuerce. A su vez, falta mayor formación en temas como por ejemplo la sostenibilidad, la gestión del proceso constructivo, la redacción de proyectos técnicos, y especialmente en todos aquellos relacionados con la representación gráfica mediante sistemas tecnológicos, especialmente los sistemas BIM.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	Promedio
Importancia Profesional (Pre)	3,5	3,5	3,6	3,6	3,9	4,1	4,1	4,2	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	4,13
Preparación Universitaria (Pre)	3	2,8	2,4	3,1	2,7	2,8	2,5	2,9	2,9	3,1	2,9	2,7	2,9	3,6	2,6	2,86

Ilustración 31.- Comparativa entre el promedio de las competencias específicas más importantes (verde) y menos (roja) del estudio previo utilizado.

	GC1	GC2	GC3	GC4	GC5	GC6	GC7	Promedio
Importancia Profesional (Pre)	3,5	4,05	4,17	4,34	4,34	4,41	4,57	4,20
Preparación Universitaria (Pre)	3	2,77	2,37	3,11	2,75	2,88	2,5	2,77

Ilustración 32.- Comparativa entre el promedio de las competencias genéricas más importantes (verde) y menos (roja) del estudio previo utilizado.

Los resultados de la replicación de la encuesta de partida en un contexto local y con los datos de la muestra indicados en 5.3, se pueden observar en la Ilustración 33 e Ilustración 34:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	Average
Importancia Profesional (Post)	3,70	3,91	3,63	4,06	3,70	3,75	4,14	3,91	4,31	4,13	4,27	4,16	4,51	4,40	4,20	4,05
Desviación estándar	0,98	0,93	0,98	1,00	0,91	1,06	0,94	0,94	0,82	0,94	0,77	0,78	0,70	0,86	0,83	0,90
Preparación Universitaria (Post)	3,11	2,84	3,38	3,51	3,63	3,49	3,09	3,42	3,73	3,72	3,69	3,53	3,39	4,17	3,84	3,50
Desviación estándar	1,07	1,25	0,97	0,91	0,86	1,00	1,26	1,06	1,04	1,03	0,84	1,17	1,22	0,88	1,03	1,04

Ilustración 33.- Comparativa entre el promedio de las competencias específicas más importantes (verde) y menos (roja) del estudio propio realizado en el contexto local.

	GC1	GC2	GC3	GC4	GC5	GC6	GC7	Average
Importancia Profesional (Post)	4,16	4,33	4,27	4,14	4,52	4,51	4,60	4,36
Desviación estándar	0,93	0,87	0,85	0,83	0,70	0,68	0,62	0,78
Preparación Universitaria (Post)	2,63	2,96	3,13	3,66	4,02	3,14	3,92	3,35
Desviación estándar	1,48	1,32	1,26	1,00	1,03	1,43	0,98	1,21

Ilustración 34.- Comparativa entre el promedio de las competencias genéricas más importantes (verde) y menos (roja) del estudio propio realizado en el contexto local.

Mientras el estudio previo arrojó en promedio una diferencia entre el ámbito profesional y la percepción académica de 1.27/5, el estudio local reduce esta diferencia a tan solo 0.55, lo que indica que los egresados locales del ámbito de La Salle se sienten formados en niveles muy próximos a las necesidades profesionales (en cuanto competencias específicas). Esta diferencia también se reduce para el caso de las competencias genéricas, pasando del 1.42 en el estudio previo al 1.01 en el estudio local, aunque con un margen de mejora mayor que para el caso de las competencias específicas.

La correlación entre las evaluaciones profesionales ha sido muy elevada (0,8712) lo que confirma unas necesidades profesionales a nivel estatal muy homogéneas, y que nos permite afirmar que nuestros estudiantes (ámbito local) están bien preparados para asumir tareas profesionales en España, y específicamente en Cataluña.

Llegados a este punto, podemos afirmar que el actual grado prepara de forma adecuada, a nivel global, a los estudiantes para su incorporación laboral, dada la escasa diferencia observada en el estudio entre la necesidad profesional y la preparación recibida. No obstante, y dado que el estudio se ha centrado en el PFG, el siguiente proceso seguido para validar la hipótesis de trabajo (H2), ha sido vincular las actividades de aprendizaje definidas en el PFG con las competencias profesionales, y de esta forma evaluar si existen competencias y/o actividades que en base a su importancia necesitan de un cambio o refuerzo.

Tal y como se ha explicado en 3.3.3., el actual PFG tiene definidas 8 actividades/ámbitos principales de aprendizaje que son:

- Actividad 1: Ejercicios de control de calidad, certificaciones económicas, mediciones y control del coste total de la obra, y finalmente planificación de obra.
- Actividad 2: Ejercicios de seguridad y salud.
- Actividad 3: Cálculo de instalaciones y de estructuras, levantamiento del estado actual de la obra y estudio de lesiones, topográfico y estudio geotécnico.
- Actividad 4: Elaboración de proyectos ejecutivos y pliego de condiciones.
- Actividad 5: Estudio de eficiencia energética, investigación de nuevas tecnologías y planificación personal del trabajo final de grado.
- Actividad 6: Plan de uso y mantenimiento, estudio de los criterios medioambientales y gestión de los residuos.
- Actividad 7: Elaboración de detalles constructivos y monografías de sistemas constructivos.
- Actividad 8: Estudios de antecedentes históricos y de viabilidad, gestionar ayudas y subvenciones y realizar auditorías de documentación previa.

Siguiendo el Plan Académico, así como las descripciones, rúbricas y competencias asociadas a cada una de las anteriormente citadas actividades de aprendizaje, el siguiente paso ha sido la relación entre las competencias del estudio y las actividades descritas. La traslación realizada (ver Ilustración 35) permite observar como las características generales que describen los objetivos de aprendizaje se acaban correspondiendo a una o varias competencias descritas por el sector profesional:

	5/8 LG-1	1/2 LG-2	3/9 LG-3	2/5 LG-4	0/3 LG-5	3/3 LG-6	1/3 LG-7	2/5 LG-8
C01								
C02								
C03								
C04								
C05								
C06								
C07								
C08								
C09								
C10								
C11								
C12								
C13								
C14								
C15								

Ilustración 35.- Relación Competencias específicas con Actividades de Aprendizaje (LG – Learning Goals, según el artículo #3)

En la Ilustración 35, se han identificado con un color gris claro aquellas con una correlación entre actividades y competencias más o menos directas, y en gris oscuro las que plantean una identificación inequívoca o prioritaria. A partir de este esquema se abren múltiples estudios y adopciones según el enfoque:

- Por un lado se puede plantear un ejercicio centrado en las actividades de aprendizaje. En este caso se observa como existen actividades con una importancia clave, o todo lo contrario:
 - Actividad 1: 8 correlaciones con competencias, 5 de ellas prioritarias.
 - Actividad 5: 3 correlaciones con competencias, pero ninguna prioritaria.
- Por otro lado se pueden enfocar las necesidades de cambio y/o ajustes en cuanto a las competencias y su seguimiento mediante actividades:
 - Por ejemplo se observa que la competencia identificada como más importante (C15), se relaciona sólo con dos actividades de aprendizaje, y solo con 1 de forma prioritaria.
 - Todas las competencias tienen una relación prioritaria al menos con una de las actividades de aprendizaje, y la C9 y C13 hasta con dos.
 - La C4 se relaciona con hasta 5 actividades, mientras que en el extremo opuesto se sitúan las C6, C7 y C11 que solo se relacionan con una actividad.

En conclusión, dado que las actividades/objetivos de aprendizaje del actual PFG se relacionan (en mayor o menor medida), con las competencias profesionales más demandadas del sector, y que por otro lado la preparación percibida de los egresados se equipara a las necesidades profesionales (ver Ilustración 33) en el ámbito de estudio local, **se puede afirmar que la hipótesis 2 (H2), no se cumple, no siendo necesario realizar un cambio drástico en la configuración del actual PFG, el cual queda demostrado prepara de forma adecuada al alumno.**

No obstante, estos resultados abren nuevas preguntas, y por consiguiente, nuevas líneas de actuación futuras, como por ejemplo:

- ¿Se debe adaptar los objetivos de aprendizaje a los requerimientos del sector?...
- ¿Se debe hacer aun teniendo en cuenta la casuística de búsqueda de resultados inmediatos?...
- O por el contrario, ¿se debe apostar por mantener activos objetivos de aprendizaje que, aunque poco demandados, configuran la composición académica establecida en la norma?
- Buscando una solución razonable que permita garantizar unos conocimientos transversales mientras se da respuesta a las reclamaciones profesionales...
 - ¿Es necesario realizar un cambio de ponderación de las actividades y mantener los actuales contenidos? O...
 - ¿Sería mejor cambiar los contenidos en función de la priorización de competencias y mantener la actual ponderación lineal?

HIPÓTESIS 3 (H3): La formación temprana (primeros cursos) en sistemas BIM (Building Information Modelling), y todo tipo de TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación), mejoran la calidad del PFG y las competencias representacionales del estudiante, preparándolo mejor para su incorporación laboral.

- Finalmente, **los objetivos en relación con H3 han sido:**
 - O7: Identificar modelos y procesos de aprendizaje que permitan un aprendizaje más óptimo y efectivo en materias troncales del grado como la Construcción, es especial en cursos iniciales.

- O8: Estudiar cómo se están implantando las TIC en la formación de materias como la Construcción, la cual caracteriza en gran parte los estudios de la investigación. Las TIC son un soporte fundamental en el proceso de construcción del conocimiento y mejoran la visualización tanto de elementos como procesos constructivos respecto los sistemas tradicionales.
- O9: Estudiar y discutir sobre el modo de utilizar los sistemas BIM dentro de la formación del proceso constructivo y en qué medida se están posicionando como un conocimiento fundamental para la vida laboral.

Las actividades llevadas a cabo de forma paralela a los procesos más analíticos de la presente investigación, y que están ligados a la gestión y coordinación de diversas actividades docentes de grado y máster, han permitido identificar modelos, procesos y tecnologías cuyo aporte supone un factor diferencial en los estudios ligados a la Arquitectura y la Edificación.

Tal y como se referencia en el artículo #2 del compendio, la enseñanza de la arquitectura y los métodos constructivos basados en metodologías interactivas y colaborativas tienen la capacidad de habilitar mejor a los alumnos para tareas que combinen las aptitudes proyectuales con el uso de tecnologías.

El uso de tecnologías de soporte y gestión de la representación, no solo están demostrando su utilidad, generando por ejemplo una mayor motivación en el estudiante (Fonseca, Martí, Redondo, Navarro, & Sánchez, 2014), sino que capacitan de forma más rápida y óptima al alumno en procesos constructivos complejos.

A tal efecto, dos enfoques quedan claramente identificados, dando solución al O7, como aproximaciones que permiten optimizar los procesos educativos:

- El aprendizaje basado en proyectos y/o problemas (del inglés, Project Based Learning).
- La utilización paralela de distintos sistemas paramétricos de representación y gestión del proyecto arquitectónico, con sistemas de dibujo a mano, cómo croquis, realización de maquetas manuales.

Ambos enfoques confluyen en la idea de incorporar las TIC en la educación de grado como una aproximación capaz de abrir nuevas dimensiones psico-

pedagógicas. Ya no se consideran solo las TIC como un mero instrumento sino como un elemento incorporado y necesario en el desarrollo integral del proyecto.

La optimización de los recursos y la agilidad en la ejecución del proyecto arquitectónico requiere en cada momento del enfoque y tecnología adecuada, enlazando habitualmente muchas disciplinas complejas. Esta aproximación a una educación TIC permite: intensificar el trabajo mediante procesos cooperativos y virtuales, facilitar la adquisición de las competencias tanto genéricas como específicas, permitir a los estudiantes focalizar su atención y reflexión en el desarrollo del proyecto y de forma concreta en los procesos constructivos, y lógicamente monitorizar de forma objetiva el proceso de aprendizaje del alumno (Zaragoza, Solís & González, 2014; Torres-Machi, Chamorro, Yepes, & Pellicer, 2014).

Relacionado con el enfoque enunciado, el artículo presentado en el anexo (Ferrandiz, Banawi & Peña, 2017), es un estudio analítico sobre cómo introducir una tecnología tan vital en el proyecto arquitectónico como el BIM, dentro de los cursos de Construcción sin modificar sensiblemente la estructuras de los mismos. Al respecto, existe una corriente de investigación que justamente trata de evaluar el aporte diferencial de utilizar tecnologías BIM respecto las incluso más clásicas técnicas CAD (Computer Assisted Design) (Denzer, & Hedges, 2008).

Mientras en base a la experiencia desarrollada en el ámbito docente se podría afirmar que es poco prudente iniciar en cursos tempranos la formación en BIM, al no conocer las bases constructivas del proyecto arquitectónico, se encuentran por otro lado aportes que consideran beneficioso que estos procesos se vayan combinando desde etapas tempranas, ya que permiten explicar conceptos complejos de forma más gráfica y por lo tanto mejorando la curva de aprendizaje del alumno (Ferrandiz, Fonseca & Banawi, 2016).

Las aplicaciones BIM pueden aplicar a todo el proceso de la construcción del edificio: desde la concepción gráfica hasta la realización física. La mejora de las prestaciones de los programas informáticos ha permitido que el computador sea utilizado tanto como una herramienta de dibujo como una herramienta de apoyo en la génesis del proyecto.

Las nuevas tecnologías abren el campo de aplicación del computador a la enseñanza, y a la comunicación y gestión del proyecto (Barison & Santos, 2010;

Eastman, Eastman, Teicholz & Sacks, 2011; Hardin & McCool, 2015). Lógicamente, la clave está en la integración de dichos procesos de forma efectiva, no solo en asignaturas procedimentales donde se explican las aplicaciones, sino en asignaturas proyectuales donde el sistema se relaciona con el proyecto de forma directa, mejorando las competencias del alumno (Barison & Santos, 2010b).

En resumen, y en línea con los objetivos O8 y O9, se puede afirmar que el CAD inició una revolución en la arquitectura a nivel profesional en la década de los años 80 donde tuvo lugar una 'transición' de los sistemas gráficos convencionales basados en papel a los nuevos infográficos.

La incorporación de los ordenadores a las oficinas técnicas y estudios de arquitectura favoreció la mejora y eficiencia en la redacción de los proyectos y la posibilidad de gestionar la información gráfica en un medio ágil y de un alto grado de especialización. Esto requirió de nuevos perfiles técnicos con competencias en medios informáticos que las universidades no preparaban.

El compromiso de formación actual tanto en CAD como en BIM, no solo debe recaer en las asignaturas procedimentales sino también en las proyectuales de forma que el estudiante se forme paralelamente en su capacidad de reproducir aspectos complejos de la edificación y la construcción, sino que a la vez sea capaz de entender mediante estos sistemas la complejidad de los mismos.

Por todo lo recopilado, se puede afirmar que la formación temprana (primeros cursos) en sistemas BIM, y todo tipo de TIC, mejoran las competencias de los alumnos de forma transversal y por consiguiente su formación y preparación de cara al PFG. Ahora bien, hay que tener presente que es la combinación de los distintos sistemas de representación las que optimizan no sólo el aprendizaje sino también la crítica, reflexión y planteo de las soluciones más adecuadas.

Por lo tanto, esta formación tiene que ser plural, es decir, desde asignaturas proyectuales y procedimentales para una mejor adquisición de las competencias y de este forma una mejor preparación del alumno. **En base a esta afirmación se podría concluir que la hipótesis (H3), se cumple en parte**, ya que todavía falta realizar esfuerzos en las distintas asignaturas de la carrera; empezando por la propia asignatura de representación en la que se exponga las limitaciones del sistema desde el punto constructivo, las asignaturas de construcción abordando los puntos singulares y los detalles no estándares, y de las proyectuales para incluir de

forma asociada a sus contenidos la formación mediante TIC que mejore los conocimientos del alumno.

6.2 LÍNEAS DE FUTURO

Los resultados de la encuesta a nivel profesional, llevan a establecer una relación con las actividades y objetivos de aprendizaje definidos en el actual PFG. A raíz de las relaciones establecidas se observa como existen objetivos de aprendizaje y contenidos del PFG que tienen poca relevancia con las principales competencias solicitadas por el sector. Según este resultado, la primera aproximación recomienda adaptar el PFG y/o sus actividades para una mejor respuesta a los requerimientos empresariales, y al mismo tiempo proponer una configuración global del mismo que permitiese esta adaptación a lo largo del tiempo y en función de la evolución del sector.

No obstante, tampoco se puede olvidar la lógica evolución de los parámetros normativos que han tenido lugar a lo largo de la última década como son la adaptación al número de créditos que establece el Espacio Europeo de Formación Superior, la modificación cualitativa de la configuración de un proyecto ejecutivo según el Código Técnico de la Edificación, y los requerimientos profesionales de un agente en un entorno de crisis saliente donde las habilidades personales para poner en valor las competencias pueden resultar tan trascendentes como las mismas competencias.

Dado que todas las actividades formativas i/o asignaturas, donde el PFG no deja de ser una de ellas, se componen de una serie de criterios de evaluación, metodología académica, contenidos específicos o temas, sistemas y herramientas de seguimiento, etc., cualquier modificación no es banal. Los resultados obtenidos de la investigación aconsejan realizar ciertas modificaciones que afectan al enfoque del PFG enunciándose como una de las primeras líneas de acción futura. Al respecto dos aproximaciones parecen lógicas:

- Caso 1: identificar las competencias que necesitarían un refuerzo en las actividades. Por ejemplo, como se observa de nuestro estudio, mientras C13 es una competencia demandada por la profesión, los estudiantes no tienen la percepción de estar suficientemente capacitados para el desarrollo de la misma. En este caso la solución pasaría por incrementar el contenido/valor de la rehabilitación (aspecto básico de C13) en el PFG y/o aumentar el número de PFG basados en rehabilitación o con desarrollos temáticos en diagnóstico patológica y durabilidad de las soluciones constructivas.

- Caso 2: identificar actividades de aprendizaje actualmente desarrolladas y poco representadas en las competencias solicitadas, como por ejemplo LA5: en este caso, parece recomendable mantener el objetivo de aprendizaje reduciendo su carga docente y/o haciendo pedagogía empresarial al respecto del valor transversal de la misma.

Si bien una primera idea que parece sencilla sería la modificación de las ponderaciones del PFG, un análisis más reflexivo nos lleva a preguntarnos si quizás el enfoque más óptimo no sería el de balancear las actividades para que a lo largo del desarrollo del PFG el alumno trabaje y se forme mejor en las competencias fundamentales. Un cambio de ponderación, a priori, solo cambiaría la nota y no prepararía mejor al alumno, objetivo subyacente de toda la investigación.

Incluso en base a estas líneas de trabajo, se abren nuevas opciones de reestructuración de los estudios, por ejemplo, reduciendo el número de asignaturas y realizando un PFG mucho más extenso y ligado al mundo profesional que prepare de forma más óptima, mediante las actividades de aprendizaje, las competencias de los estudiantes.

Lógicamente, realizar un cambio estructural del PFG no es una actividad, ni inmediata ni sencilla, y quizás ni necesaria, sobre todo teniendo en cuenta que los resultados equiparan de forma más cercana las necesidades y la formación en nuestro estudio que en el previo de posicionamiento nacional. Este resultado nos indica que nuestro PFG tiene un diseño acorde inicialmente a las necesidades profesionales locales, y que potencialmente el enfoque utilizado en el estudio es útil de cara a evaluar el proceso formativo del PFG.

En esta dirección se obtiene la segunda línea de futuro claramente identificada de la investigación: replicación de la metodología de análisis de cómo se adapta el PFG a las necesidades profesionales del sector en estudio. Esta línea también tiene múltiples opciones:

- Replicar el estudio en las principales (por reputación y/o número de egresados) universidades españolas. Los resultados no solo deben avalar la metodología, sino que de forma local pueden refutar o no el estudio preliminar caracterizando las necesidades actuales a nivel nacional.

- Migrar el sistema de análisis utilizado a otros estudios técnicos o “cercanos”, como por ejemplo Arquitectura, Ingeniería Civil, de Caminos, Diseño Interiores, Urbanismo, etc... Generar formulaciones que relacionen las principales variables que explican los resultados de un PFG y las actividades de este con las competencias profesionales de los distintos grados, permite identificar las necesidades de cambio de los estudios desde una perspectiva objetiva y analítica, más allá de las percepciones personales basadas en la experiencia profesional que muchos coordinadores y/o directores académicos utilizan.

Por último, una línea de trabajo fundamental se basa en el uso, asimilación y conceptualización de las TIC dentro del proceso global del PFG. Sigue existiendo una cierta reticencia de cambio y uso de las TIC en determinados procesos proyectuales. Estas reticencias, sobradamente referenciadas, en algunos casos se basan en la idiosincrasia de los estudios, otras veces en la reticencia del ámbito académico (profesores por falta de preparación y tiempo de adaptación de los contenidos, o coordinadores por falta de medios económicos), y en muchos casos se derivan de un mercado muy amplio y constantemente cambiante, lo cual dificulta la definición de estándares de trabajo sólidos, y genera flujos de trabajo lentos y dificultosos.

El sector profesional y la administración, están de forma acelerada, definiendo nuevas formas de entregar los proyectos, su visado y las normas que tienen que cumplir para cualquier proceso competitivo. En la medida de lo posible, el alumno debe tener las competencias sobre TIC actualizadas para ser capaces de aplicar a este entorno cambiante de forma profesional y activa. Para esta capacitación, la formación TIC no debe ser algo que se haga de forma puntual y/o de manera final, sino que tiene que ser un proceso continuo de formación que se inicie de manera temprana en los estudios de grado, y que se vaya implementando en asignaturas proyectuales y aplicadas, más allá de las meramente procedimentales.

Cómo, cuándo, y de qué forma empezar con la formación en técnicas CAD/CAM/BIM, y de visualización avanzada como AR/VR, incluyendo sistemas interactivos multiplataforma y gamificados, es una línea de trabajo no solo fundamental para el grado de estudio, sino para casi cualquier grado actual del

panorama universitario mundial, en base a que el dominio en TIC es una competencia transversal necesaria y fundamental en la actual sociedad digital.

Para el desarrollo del PFG, como queda de manifiesto en el apartado 3.3.3, es necesario el uso y dominio de diferentes herramientas TIC que son intrínsecas a la adquisición de las competencias profesionales específicas que demandan las empresas del sector (ver Ilustración 21). A tal efecto, ya no solo es importante evaluar cuando se introducen en el grado el CAD o el BIM, sino que no podemos olvidar otras aplicaciones como TCQ o Presto para mediciones, CE3X para cálculos de eficiencia energética, CYPE para cálculo de estructuras o PROJECT para temas de planificación.

Resulta muy complejo poder cumplir los objetivos de aprendizaje del PFG si durante la aplicación de los conocimientos adquiridos no se hace un uso correcto de las correspondientes herramientas tecnológicas. En este sentido, el artículo C y el artículo del anexo, son muestras de pasos futuros en los que es necesario evaluar la utilidad que determinadas aplicaciones y contextos tecnológicos son utilizadas para dar soporte y/o mejorar la docencia de determinadas materias tan importantes del grado en estudio como la Construcción.

Remarcar, que este enfoque (el cuándo, y cómo introducir una determinada herramienta TIC en el grado), no es el motivo de la presente tesis, aunque se puede afirmar sin temor que es necesario y fundamental incluirlas de forma adecuada, pautada y controlada, no solo para la adquisición de las competencias específicas en cada asignatura, sino para su uso posterior en un ejercicio complejo de la tipología del PFG y posteriormente en el desarrollo profesional del egresado.

7 REFERENCIAS

- Ahn, Y. H., Annie, R. P., & Kwon, H. (2012). Key competencies for US construction graduates: Industry perspective. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 138(2), 123-130.
- Barison, M. B., & Santos, E. T. (2010, June). BIM teaching strategies: an overview of the current approaches. In Proc., ICCCBE 2010 international conference on computing in civil and building engineering.
- Barison, M. B., & Santos, E. T. (2010,b). Review and analysis of current strategies for planning a BIM curriculum. In Proc., CIB W78 2010 27th International Conference (pp. 1-10).
- Baker, R. S., & Yacef, K. (2009). The state of educational data mining in 2009: A review and future visions. *JEDM-Journal of Educational Data Mining*, 1(1), 3-17.
- Becerik-Gerber, B., & Kensek, K. (2009). Building information modeling in architecture, engineering, and construction: Emerging research directions and trends. *Journal of professional issues in engineering education and practice*, 136(3), 139-147.
- Becerik-Gerber, B., Gerber, D. J., & Ku, K. (2011). The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: integrating recent trends into the curricula. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 16(24), 411-432.
- Bigelow, J. D. (1995). Teaching Material Skills. *Journal of Management Education*.
- Cabello, F. J. A. (2003). La construcción en los siglos XVI a XVIII: la profesión de aparejador, sus competencias. *Espacio Tiempo y Forma. Serie VII, Historia del Arte*, (16).
- Cabello, F. J. A. (2005). La titulación de aparejador. Evolución histórica de sus atribuciones profesionales: Desde el Decreto Lujan de 1855 hasta la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación” *Boletín de la Facultad de Derecho* núm. 26.

- Centoform, BIM4PLACEMENT European key competences in building and construction. Retrieved 7/10/2017 from: http://www.centoform.it/european-project_bim4placement-european-key-competences-in-building-and-construction.html
- Chomsky, N. (1985). Reflexiones sobre el lenguaje.
- Clevenger, C. M., Ozbek, M., Glick, S., & Porter, D. (2010). Integrating BIM into construction management education. In EcoBuild Proceedings of the BIM-Related Academic Workshop.
- Conde, M.A., & Hernández-García, A. (2013). A promised land for educational decision-making?: present and future of learning analytics. In Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality (TEEM '13), Francisco José García-Peñalvo (Ed.). ACM, New York, NY, USA, 239-243. DOI=10.1145/2536536.2536573
- Cressie, N. A. C., & Whitford, H. J. (1986). How to Use the Two Sample t-Test. *Biometrical Journal*, 28(2), 131-148.
- Denzer, A. S., & Hedges, K. E. (2008). From CAD to BIM: Educational strategies for the coming paradigm shift. In *AEI 2008: Building Integration Solutions* (pp. 1-11).
- Ducci, M. A. (1997). El enfoque de competencia laboral en la perspectiva internacional.
- Eastman, C. M., Eastman, C., Teicholz, P., & Sacks, R. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.
- Egbu, C. O. (1999). Skills, knowledge and competencies for managing construction refurbishment works. *Construction Management & Economics*, 17(1), 29-43.
- Elliot, J. (1991). *Action research for educational change*. McGraw-Hill Education (UK).
- Escámez, J.F. (2016). *La profesión de los Maestros de Obras*. Cercha 130.
- Ferguson, R. (2012). *The State Of Learning Analytics in 2012: A Review and Future Challenges*. Technical Report KMI-12-01, Knowledge Media Institute, The Open University, UK.

- Ferrandiz, J., Banawi, A., & Peña, E. (2017). Evaluating the benefits of introducing “BIM” based on Revit in construction courses, without changing the course schedule. *Universal Access in the Information Society*, 1-11.
- Ferrandiz, J., Fonseca, D., & Banawi, A. (2016, July). Mixed Method Assessment for BIM Implementation in the AEC Curriculum. In *International Conference on Learning and Collaboration Technologies* (pp. 213-222). Springer International Publishing.
- Fonseca, D., Martí, N., Redondo, E., Navarro, I., & Sánchez, A. (2014). Relationship between student profile, tool use, participation, and academic performance with the use of Augmented Reality technology for visualized architecture models. *Computers in Human Behavior*, 31, 434-445.
- Fonseca, D., Climent, A., Vicent, L., Canaleta, X. (2016). Learning4Work. Designing a New Evaluation System Based on Scenario Centered Curriculum. *Methodology: The Pre-test*. *Lecture Notes in Computer Science* 9753, (July. 2016), 1-11. DOI=10.1007/978-3-319-39483-1_1
- Fonseca, D., Montero, J. A., Guenaga, M., & Mentxaka, I. (2017). Data Analysis of Coaching and Advising in Undergraduate Students. An Analytic Approach. In *International Conference on Learning and Collaboration Technologies* (pp. 269-280). Springer, Cham.
- Fonseca, D., Redondo, E., Villagrasa, S. (2015). Mixed-methods research: a new approach to evaluating the motivation and satisfaction of university students using advanced visual technologies. *Universal Access in the Information Society*, 14 (3), 311-332. DOI= 10.1007/s10209-014-0361-4
- Gil-Ibañez, J.L. Las competencias profesionales de los Arquitectos Técnicos y Aparejadores. pág. 17.
- Goldstein, P. J., & Katz, R. N. (2005). Academic analytics: The uses of management information and technology in higher education. *EDUCASE* Vol.8.
- Golobardes, E., Madrazo, L., Cugota, L., Camps, J., Garcia-Piquer, A., Fornells, A., & Montero, J. A. (2009). Guía para la evaluación de competencias en el área de ingeniería y arquitectura. Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya.

- Gosset, W.S.: The Probable error of a mean. *Biometrika*. 6, 1–25 (1908).
- Grenacre, M. (2007). *Estadística 1*. Barcelona: Apuntes UOC.
- Hardin, B., & McCool, D. (2015). *BIM and construction management: proven tools, methods, and workflows*. John Wiley & Sons.
- Heiner, C., Heffernan, N., & Barnes, T. (2007, July). Educational data mining. In *Supplementary Proceedings of the 12th International Conference of Artificial Intelligence in Education*.
- Holland, J. L. (1967-1997). *Making vocational choices: A theory of vocational personalities and work environments*. Psychological Assessment Resources.
- Ivarsson, J. (2010). Developing the construction sight: Architectural education and technological change. *Visual Communication*, 9(2), 171-191.
- Izquierdo García, P. *Historia de los Aparejadores y Arquitectos técnicos*. Madrid: Dykinson, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid, 2005. ISBN 84-9772-607-3.
- Jefferies, M., Chen, S., & Conway, J., (2012). Assessment of Professional Competence in a Construction Management Problem-based Learning Setting, *Construction Economics and Building* 2(1), pp. 47-56.
- Johnson, L., Adams, S. and Cummins, M. (2012). *The NMC Horizon Report: 2012 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Jordana, J., del Río, M. (2015), *Los estudios de edificación desde la perspectiva empresarial. Competencias de los egresados Arquitectos/as Técnicos/as según los empleadores. Jornada sobre el futuro de los estudios de arquitectura técnica, ingeniería de edificación*. Barcelona. Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona.
- Kaklauskas, A., Kuzminske, A., Zavadskas, E. K., Daniunas, A., Kaklauskas, G., Seniut, M. & Radzeviciene, A. (2015). Affective tutoring system for built environment management. *Computers & Education*, 82, 202-216. DOI: 10.1016/j.compedu.2014.11.016
- Lafuente, C., & Marín, A. (2008). Metodologías de la investigación en las ciencias sociales: Fases, fuentes y selección de técnicas. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, núm. 64, septiembre-diciembre, 2008, pp. 5-18.

- Lysov, S., Balzannikov, M., Evstropov, V., & Lysov, M. (2015). Ways of Modernization of Educational System of Building and Construction Specialists in View of Professional Standards Requirements. *Procedia Engineering*, 117, 218-224.
- Long, P., and Siemens, G. (2011). Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *EDUCAUSE Review* 46 (September-October 2011), 31–40.
- Márquez, T. F. (1981). El aparejador en la historia de la arquitectura. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Sevilla.
- Matell, M. S., & Jacoby, J. (1972). Is there an optimal number of alternatives for Likert-scale items? Effects of testing time and scale properties. *Journal of Applied Psychology*, 56(6), 506.
- Mateos, M (2013). La Universidad que desean las empresas. *Emprendedores & Empleo. Expansión*.
- Mohammad, H., Yaman, S. K., Hassan, F., & Ismail, Z. (2016). determining the technical competencies of construction managers in the Malaysia's construction industry. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 47). EDP Sciences. DOI: 10.1051/mateconf/20164704021
- Morone, G. (2013). *Métodos y técnicas de la investigación científica*. Documento de trabajo. Valparaíso, Chile: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Sistema de Biblioteca.
- Navarro Delgado, I. (2017) *Nuevas tecnologías de visualización para la mejora de la representación arquitectónica en educación*. Tesis Doctoral.
- Peña, E., Fonseca, D., & Martí, N. (2016, November). Relationship between learning indicators in the development and result of the building engineering degree final project. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (pp. 335-340).
- Ramos, E. (2008). *Métodos y técnicas de investigación*. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion/>
- Redondo, E., Giménez, L., Valls, F., Navarro, I., Fonseca, D., Villagrasa, S. (2015). High vs. low intensity courses: student technological behavior. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Technological*

- Ecosystems for Enhancing Multiculturality. 77-82. DOI= 10.1145/2808580.2808593
- Romaní, J. C. (2011). El concepto de tecnologías de la información. Benchmarking sobre las definiciones de las TIC en la sociedad del conocimiento. *Revista de Estudios de Comunicación*, 14(27).
- Romero, C., & Ventura, S. (2007). Educational data mining: A survey from 1995 to 2005. *Expert systems with applications*, 33(1), 135-146.
- Ross, K. N. (1978). Sample design for educational survey research. *Evaluation in Education. International Progress*, 2(2), 105-195.
- Siemens, G., & Long, P. (2011). Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *EDUCAUSE review*, 46(5), 30.
- The Australian Institute of Quantity surveyors (2012), Competency standards for quantity surveyors construction economists and cost engineers.
- The Chartered Institute of Building, CIOB Professional Competencies, (1997), Retrieved 7/10/2017 from: <https://www.heacademy.ac.uk/system/files/the-integration-of-professional-competencies.pdf>
- The Construction Industry Development Board, Contractor (2011) Skills Survey, Department of Construction Economics and Management, Faculty of Engineering and the Built Environment of the University of Cape Town. South Africa.
- Tigelaar, D. E., Dolmans, D. H., Wolhagen, I. H., & Van Der Vleuten, C. P. (2004). The development and validation of a framework for teaching competencies in higher education. *Higher education*, 48(2), 253-268.
- Toffler, A. (1974). *Learning for tomorrow: The role of the future in education* (pp. xxiv---xxv). New York: Vintage Books.
- Torres-Machi, C., Chamorro, A., Yepes, V., & Pellicer, E. (2014). Current models and practices of economic and environmental evaluation for sustainable network-level pavement management. *Revista de la Construcción*, 13(2).
- Valverde, J., Garrido, M.C., Fernández, R. (2010). Enseñar y aprender con tecnologías: un modelo teórico para las buenas prácticas con TIC. pp. 203-229.

Zaragoza Grife, J. N., Solis Carcaño, R. G., & Gonzalez Fajardo, J. A. (2014).
Design and development of software for optimal material cost estimating on
aluminum works. *Revista de la Construcción*, 13(3).

8 ANEXO

A continuación se adjunta un último artículo indexado en el que el autor de la investigación ha colaborado.

Evaluating the benefits of introducing “BIM” based on Revit in construction courses, without changing the course schedule. José Ferrandiz, Abdulaziz Banawi, Enric Peña. Universal Access in the Information Society.

- ISSN: 1615-5289. July 2017.
- On-Line. Páginas: 1-11.
- DOI:10.1007/s10209-017-0558-4
- Enlace⁶⁴: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10209-017-0558-4#citeas>

El artículo es aceptado para publicación en Universal Access in the Information Society, publicación científica editada por Springer Berling Heidelberg (Alemania). En el momento de la publicación la revista está indexada y/o cuenta con los siguientes índices de calidad (extraídos a diciembre de 2017):

- **Ámbito:** Ciencias de la Computación, Comunicación Social, Información y Documentación, Electrónica y Telecomunicaciones.
- **Journal Citation Reports:** SCIE (Science Citation Index Expanded 2016: Q3, IF:1.205), y SSCI (Social Science Citation Index 2016: Q3, IF:1.219):
 - Ergonomics.
 - Computer Science, Cybernetics
- **Scimago Journal & Country Rank (H Index: 31, 2016):**
 - Computer Networks and Communications (Q2)
 - Human-Computer Interaction (Q3)
 - Information Systems (Q3)



- Software (Q3)
- Matriz de Información para el Análisis de Revistas (MIAR):
 - ICDS: 10.7
 - Otros índices:
 - INSPEC
 - Carhus Plus+2014 (grupo A)

Evaluating the benefits of introducing “BIM” based on Revit in construction courses, without changing the course schedule

Jose Ferrandiz¹ · Abdulaziz Banawi² · Enric Peña³

© Springer-Verlag GmbH Germany 2017

Abstract Recently, the building industry has shown great interest in building information modeling (BIM) due to the many benefits BIM provides. During the last decade, the government of Dubai has been working toward a BIM environment, where any new building project that is ten floors or higher shall be submitted in BIM format. The need for BIM creates more job opportunities for technicians with BIM skills. This inflates the need to prepare related field engineers with BIM background before graduation. This report analyzes the implementation of BIM in a construction course, which is currently using AutoCAD, by splitting the laboratory skills. Through this implementation, we will test whether adding BIM based on Revit to a currently existent course will improve the students’ motivation, performance and satisfaction. The authors use the results of the Architectural Engineering (AE) students at the United Arab Emirates University (UAEU) in construction

courses to study the performance before and after implementing BIM. The authors found some issues, which can decrease the students’ performance with a 97% certainty. The students’ motivation and satisfaction was tested using a pre-test/post-test quasi-experiment design. The tests showed that BIM based on Revit reduces student performance time while increasing student motivation and satisfaction. The causes behind the last statement were analyzed with the use of interviews with related students.

Keywords BIM · AEC · Higher education · Mixed methods · Construction · User-centered evaluation · Motivation · Satisfaction

1 Introduction

Studies have proven that implementing IT technologies into the engineering curriculum is a common practice to enhance the students’ motivation, satisfaction and performance. Architectural Engineering and Construction (AEC) industry has improved productivity since the 1970s by implementing IT technologies into engineering processes. Our study aims toward an implementation framework for the new information technology (IT) concept building information modeling (BIM) which the architecture engineering construction industry demands from graduates. This research studies the effects on the students of this new subject at the Architectural Engineering program. BIM is a very complex concept, which leads to a collaborative work environment, and creates an easier approach to the universal access of the architectural information, due to this cooperative environment.

✉ Jose Ferrandiz
jose.ferrandiz@aurak.ac.ae; jose.ferrandiz@outlook.com

Abdulaziz Banawi
a.banawi@kau.edu.sa

Enric Peña
enricp@salle.url.edu

¹ Academic for Interoperability Coalition (AiC), American University of Ras Al Khaimah (AURAK), Sheikh Saqr Bin Khalid Rd., 10021 Ras al-Khaimah, UAE

² King Abdulaziz University (KAU), Rabigh, Saudi Arabia

³ La Salle Barcelona Campus, Ramon Llull University, C/ Quatre Camins 2, 08022 Barcelona, Spain

BIM has many definitions; the National BIM standard of the USA [1] defines BIM as “BIM3” because it has three different related concepts named by the same program. Building information modeling refers to the process of generating building data to design, construct and operate the building during the life cycle; the BIM simulates the digital representation which includes all the data that the shareholders will use the same information in order to produce, manage and make decisions; and finally BIM, is the organization and control of the process using the information supplied by the digital model.

The BIM concept has shown many benefits since the 1990s when it was first introduced; however, building modeling based on 3D solid construction was introduced in the 1980s. BIM helps shareholders to be involved at an earlier stage, interacting from a distance and using real-time data at every stage of the project to help clear conflicts earlier. Furthermore, BIM helps to improve working efficiency, estimates accuracy, decision-making and project schedule. On the other hand, not too many professionals are aware of BIM in the Middle Eastern region. According to Banawi [2], various reasons that could delay the implementation of BIM in this area include legal barriers, high implementation costs, workforce qualifications, work process and model management. The government of Dubai in the United Arab Emirates recently raised their demands to implement BIM to all building projects that are higher than ten stories. According to a recent report released from Dubai’s chamber of commerce, some projects are already built and many are approved to be constructed in the near future using BIM.

The United Arab Emirates encourages all sectors including public and private to rely more on the local universities graduates, and therefore, most schools appreciate the industry feedback when developing the program curriculum. Recently, the Architectural Engineering (AE) Department at the United Arab Emirates University made changes to the course curriculum. A major change was introducing BIM into the building construction courses to be considered at the focus of the AE program.

This study hypothesis states that the introduction of BIM based on Revit at the intermediate course of construction will improve the work efficiency and the understanding of the concepts studied in the course. This will increase the students’ motivation, satisfaction and performance. In order to test our hypothesis, we have formulated three main research questions, which will be tested in this study:

- Does the introduction of BIM improve motivation, satisfaction and performance of the student?
- Does the introduction of BIM improve future intentions to use this IT technology for students’ projects?
- Can AutoCAD and Revit coexist in the same course?

2 Background

2.1 IT in higher education

Nowadays, IT is everywhere, changing our society, modifying the way people interact and behave. These technologies offer the possibility to access the information needed at any moment and everywhere almost instantly. However, the inclusion of new IT into the learning process is not an easy experience and does not always succeed. In fact, there are various documented problems and failures in educational IT implementation as illustrated in the articles by Miliken, Phui Fung and Educaweb [3–5]. Due to this difficulty, there is a wide variety of articles which address this issue from different points of view, including for example Rogers and Bates [6, 7] regarding the teaching methodology, content design and effectiveness on IT technologies in higher education implementation, Kymmell and Chang [8, 9] targeting the main barriers, and SERC, Redondo and Valverde [10–12] which are specifically targeting “good teaching practices.”

All efforts toward the implementation of IT into the engineering curricula are targeting the improvement of the students’ learning process. Certain “good practices” based on the studies mentioned previously as well as Fonseca and Redondo [13] define specific recommendations which should be considered, including the following:

- Promotion of more communicative professor–student environment, allowing more interaction and effective feedback process;
- Dynamic development among students, made possible by collaborative techniques;
- Contribution to better task realization by heterogeneous learning methods, meeting high expectations;
- Applying teaching/learning methods based on teaching innovation and new IT technologies.

We have to understand that new technologies evolve constantly and it is very important that the students interact with them and the professors, in order to engage and involve them into the process.

2.2 ICT evolution in the AEC

Using and assessing Information and Communication Technologies (ICT) as part of the educational methodology is a common practice at many undergraduate and master’s program curricula, including architecture engineering, which is the focus of our study as well as Guney, Gorghiu, Wang and Reffat [14–17]. The architectural teaching method must be approached as a combination of tradition and technology, where one cannot be understood without

the other; even though there is a lot of controversy whether the design can be started only by traditional methods or it can also be done using IT tools, no one addresses the fact that the application of IT in AEC processes is a must. The introduction of these technologies at the academic level also involves a very tough debate with two clear sides from those who consider IT as a tool to enhance AEC industry and those who consider it as a part of the AEC process itself.

ICT development at the AEC industry, evolved during the twentieth century totally changing the way we represent, create and deliver building project information. The process-working environment has constantly been developed from a paper-based one to the actual BIM interdisciplinary and collaborative team-working environment.

As Oxman [18] states, the main difference between paper-based and digital-based design is the cognitive process during the evaluation of the two designs. While the original design process was clearly defined and took place mainly at the designers' mind, digital design offers alternatives to develop the design and collaborate with the other shareholders.

The evolution of the representation tools has affected the nature of the information represented. During the study and initial stages of the digitally based representation, the information embedded was geometrical as Ibrahim [19] stated earlier generations of CAD software like AutoCAD only represented the geometrical properties of the architectural elements; while the introduction of Building integration management/modeling (BIM) added the value of integrating the information and graphics within the building model, new models add specifics and properties for the design evaluation, collaboration, analysis and production processes; embedded information can describe materials' specifications, code requirements and any other data associated with the building model as Kocaturk explains [20].

In their paper [9], Yi-Feng and Shen-Guan present a thorough study of ICT evolution related to the AEC industry outlining the following five main phases:

- Mainframe age, 1960–1970, first research design experiments, with a very primitive computer, on a text interface, used mainly to record and calculate;
- Workstations age, 1970–1980, first drafting applications, still with a very primitive computer and a text interface, used as drafting tools and auxiliary tools to manufacture products;
- Personal Computer age, 1980–1990, appearance of the first Personal Computer and AutoCAD, which provides a quick and accurate 2D drafting tool, and the beginning of 3D modeling;

- Internet age, 1990–2000, improvement of the Personal Computer and creation and improvement of the tools to create, draft, model, calculate and manage the projects like 3Dmax, sketch up, Cype, Microsoft office or Primavera; early stages of collaborative environment at the design, production and management process, we begin to share information but it is spread into different tools, formats and files. Shareholders use their own tools and models, which are usually not compatible;
- Cloud computing age, 2000–2010, beginning of building information modeling, where all the partners will be able to share information in the same model, to design, develop, produce and manage the whole life cycle of the project.

This evolution also changed access to information and its availability. From the ancient times since the 1970s, few plans were produced by pen at the AEC industry. At the early stages of ICT, the plans could be printed as many times as needed, making it easier to communicate and share. The next evolution was to create digital files with the plans, scheduling and project documents that could be shared instantly through the internet and read at any place in various devices. Finally, BIM provides a new jump into the information access providing not documents but a working model itself with all the information of the project, to be reviewed, analyzed, and modified as needed.

As we can understand from this evolution, the AEC industry is developing tools and processes for designing projects based on the ICT. It is thus very important for the new generation of engineers and technicians to be introduced to the new trends as soon as possible as this evolution is accelerating fast, and they should be able to keep on track in order to be successful in the AEC industry.

2.3 BIM at the AEC curriculum

As already stated, BIM is a new platform on the information access of the project, where all people involved can have access to a unique model which holds all the information, so that the development of the project can be done from different aspects of the project at the same time. To make this possible, the BIM implementation at the AEC curriculum should not be seen as a skills course, but rather integrated as part of the Architectural, Engineering and Construction process, explain Taylor and Barison [21, 22]. Barison [23] provides quantitative data for BIM implementation at higher education institutions, where BIM is introduced at architecture curriculum mainly in design studio, digital representation and construction management courses, while in engineering is also implemented as a BIM-specific course.

Most of the studies divide the BIM implementation in three main stages, which can vary from one author to another. Hietanen [24] States that BIM principles can be first introduced into a subject and then between disciplines. However, we have to take into account the three stages from Kymmell [8] where the first two years would focus on the individual skills of modeling and analysis; then, it will lead a teamwork collaboration phase; and finally interaction with third parties.

As Barison [23] explains, BIM implementation at the AEC curriculum lacks data, and each college and program is working on their own toward BIM implementation, although the “building smart” community—a worldwide standard community—the Academic Interoperability Coalition (AIC) with more than 40 higher education institutions all over the world, and many other research groups are dealing with the idea of a common framework for the BIM industry and Academy.

3 Case study

This study aims to be the first stage toward the creation of a BIM implementation framework in the intermediate construction course of the AEC curriculum. The analysis is done at the preliminary stage of the BIM implementation in the building components (BC) course of the Architectural Engineering (AE) department of the United Arab Emirates University (UAEU). This study aimed to validate whether BIM can be added to a construction course developed to use CAD or whether the course should be modified to fit this new technology.

The analysis of the course followed different approaches to understand the whole picture of students who are at an intermediate stage of their bachelor’s degree. They were introduced to BIM based on a 3D model while continuing learning construction processes and developing details on 2D CAD software. The study was based on three steps. First, we analyzed the grading performance of the students throughout all construction courses before and after applying new IT. Second, we designed a pre/post-test experiment [25] to understand their motivation and satisfaction toward the use of this new IT. Finally, we interviewed students once they completed the construction courses. This helped us understand the results from the previous analysis and know their opinion about the tools implemented on the intermediate course and their motivation to continue using this new IT tool. These three steps will be explained in depth in the following section.

This study involved students at the construction courses in the Architectural Engineering Department (AE) of the United Arab Emirates University (UAEU). Three groups of students that already completed the three courses of

construction were used. The first two groups served as a control group, and the third one is where the variable (IT) was introduced. The data collected from these students include the grades for all construction courses, motivation and satisfaction questionnaires, and interviews from students of the third group after they finished the advanced building systems (ABS) course.

3.1 Introducing Revit into building components course

Building components (BC) course is the intermediate construction course in the AE program of the UAEU. At this stage, the students study the construction components properties, specifications and application methods in order to be able to create their own details for their projects. During the BC course, students are introduced to different types of flooring systems, interior and exterior wall systems, false ceilings, building joints, vertical circulation and openings.

In our former course, before the introduction of Revit, each explanation was followed by an exercise where the students had to research about real products, their specifications and application method. Then, they had to select the best fit for their project and create their own detail by AutoCAD using the product selected.

The approach tested in this study is the simplest one. Revit is introduced into the course by splitting the laboratory sessions into two classes lasting for 1 h each. In the first hour, we kept the same course with the same content. The second part, involved Revit classes where the students have to develop their projects, test the products and create details. In this way, we introduce two different approaches developing 2D and 3D details at the same time. AutoCAD 2D detailing gives more freedom, while Revit 3D improves understanding of the construction elements and the way they fit together.

4 Data collection and methodology

Our research is a mixed-method study based on a quasi-experiment supported by a pre/post-test design implemented with grading performance analysis and interviews of the students. All data are used to quantify and understand the real effects on the students of the BIM implementation and the reasons for quantifiable data.

4.1 Performance based on grading

To create a proper assessment, we follow the performance of each group of students through all construction courses analyzing their grading evolution. The grades are collected

directly from the main instructor of each course, divided into theoretical, practical and final, so we have the same evaluation criteria and approach. As can be seen in Table 1, the performance assessment process is based on a continued follow up of the construction groups of students.

The first step for the performance assessment is to analyze the (BS) course as a control point, where we can statistically proportion the percentage of a confidence interval for the students' performance to provide the reliability percentage of the samples to compare. To test this assumption, we run a Wilcoxon–Mann–Whitney test comparing the final grades of BS course from the students of groups 2 and 3; none of these groups had yet been introduced to BIM, so we should get a P value near one. This will confirm that our different groups of students have a similar performance level in construction course.

The second course (BC) is the one where the new IT technology (BIM based on Revit) was implemented, which is our variable. Here we will check the difference of the performance due to the modification of the course tools. In this case, we will use the same test comparing Groups 1 and 2 against Group 3. However, the result of the P value should be near to zero. This means that their performance is different. We will also check the means of the groups, the standard deviation and type of distribution of the data to make sure which groups has a better performance.

Finally, we control the same group of students in the third course of construction (ABS) which has no modification, to check how the implementation of this technology in the previous course has an impact on the student's performance in other courses without this new IT. In this case, we will use the same groups as in the second test, but we will read the values to check the results without an expected value.

4.2 Pre-test and post-test questionnaires for student's profile, motivation and satisfaction

The pre-test and post-test questionnaire design is based on the one developed and explained by Redondo and Fonseca [26, 27]. Those questionnaires were slightly modified with the supervision of one the original authors (Fonseca) to fit this research. The development of our questionnaires is explained on our previous work [25], and any questions about the tests should be answered there. Those tests are used to identify students' profiles, motivation with IT in architecture, satisfaction with the IT tool, satisfaction about the course and motivation to continue using this tool after the course has terminated to develop their projects.

The pre-test was delivered to the students in the third week of the course, once the number of students is final. The post-test was delivered during the last laboratory

session before taking their final exams. Both tests could be filled in on paper and online as both tests include the same questions. The tests were created using the Google Forms tool. This part of the study quantified the student's motivation and satisfaction toward BIM technology. To analyze the data, we performed two types of studies.

The first study tested student motivation and satisfaction from those students enrolled in the BC course with BIM. Data were collected, after the BC and ABS courses (Table 1), to compare the evolution of the same group of students. Using the Wilcoxon ranked signed test and descriptive data analysis, we established the p (value), ranks, means and standard deviation. The second study compared the motivation and satisfaction, after the ABS course, of the students who did not use BIM at BC (Group 2) with the students who did use it (Group 3). To compare these two groups of students, we used the Wilcoxon–Mann–Whitney test and descriptive data analysis. Both types of analysis should be carried out for all the motivation and satisfaction tests.

4.3 Interviews

Students were interviewed after they finished the ABS course. The interviews were performed in a very relaxed environment at the UAEU, under the direction of Jose Ferrandiz. Questions were directed to find out and understand students' opinions about the BC course, suggested improvements, ways to deal with the use of two different IT technologies at the same time, their satisfaction toward BIM tools, their motivation and intentions to use Revit in their studies and future work and the need to implement Revit, or not, in the colleges.

At these interviews, the students had the opportunity to explain their reasons and feelings about the BC course, their performance, how they feel about using the new IT, and the reasons to succeed or not in the use of it. The data collected in the tests are quantitative, but they do not have the possibility to explain themselves. Therefore, after finishing all the construction courses, when they have the whole picture, they were given the opportunity to provide feedback and their sincere opinion about the process, the course, the new IT, how they dealt with it and if they would continue using it afterward.

During the interviews, the interviewer was taking notes of their comments. Right after finishing the interview, these comments were read to the interviewees to make sure that the notes were correct, giving them the opportunity to rectify any discrepancies, to make sure that they represent their real opinion. These opinions are summarized in the following section.

Table 1 Data collection schedule for each group of students

Group of students		Sp. 2014	Fall 2015			Spring 2015			Fall 2015			Spring 2016		
		BS	BS	BC	ADS	BS	BC	ADS	BS	BC	ADS	BS	BC	ADS
BIM in the course		No	No	No	No	No	No	No	No	Yes	?	No	Yes	?
1	Grades	*		Got			Got							
	Pre-test			Got			Got							
	Post-test			Got			Got							
	Interviews						Got							
2	Grades		Got			Got				Got				
	Pre-test					Got				Got				
	Post-test					Got				Got				
	Interviews									Got				
3	Grades				Got				Got					Got
	Pre-test								Got					Got
	Post-test								Got					Got
	Interviews													*

BS building systems course (1st course of construction), *BC* building components course (2nd course of construction), *ADS* advanced building systems course (3rd course of construction), *YES* the students have to use Revit as a must for some of their exercises, *NO* the students do not use Revit for their exercises

? The students can decide to use or not Revit, * data not available, but we are expecting to get it and use it in the research

5 Analysis and results

The results and analysis presented in this section do not assume any results for the research questions and may or may not validate our previous assumptions. The data obtained and analyzed will establish the starting point of BIM implementation of the framework. The analysis for the collected data was done via a nonparametric analysis due to the small size of the study sample, which does not allow to test the normality of the data itself. The first study uses dependent samples represented by the comparison of data from the same group of students at different stages of the curriculum (tested by the Wilcoxon Signed Rank Test [28]). The second study uses independent samples represented as the study comparing two different groups of students at the same stage of the curriculum. For those, we used the two samples comparison developed by Wilcoxon in 1945 and Mann–Whitney [29–31]. These tests are more accurate for non-normal distribution than the usual P-test and Anova. We have ran 13 tests divided in three categories, motivation, performance and satisfaction. Motivation and satisfaction tests were assessed on a Likert scale ranging from 1 to 5, (1—no interest/disagree, 5—very keen on it/totally agree). Performance is measured on a scale from zero to 100 points.

IT is supposed to help students engage more often and get motivated during classes, which leads to better performance and grades. The first test is to measure the student's motivation toward learning BIM using Revit

platform for their studies and after graduation. Test 1.1 shows that the students from Group 3 (labeled as G3 in the tables) are more motivated to use Revit for their studies and future career evolves from one year to another. The data are 99.5% accurate for this statement; however, analyzing the data shows that for the building components (BC) courses there is a high deviation together with a neutral mean and a bimodal distribution. This implies two groups of students with very different levels of motivation, one very motivated and the other not so motivated. The motivation of this group of students increased to over four in a scale of five with a low deviation after advanced building systems (ABS) course. This can be due to many factors, which will be discussed after the students' interviews. Test 1.2 shows that the level of motivation of the students of G3 is higher than the previous students who did not study BC courses implementing Revit, with a statistical confidence of 96.6%.

The second analysis measured the students' confidence of BIM applying Revit to improve their grades. Students of G3 after BC had almost the same results with the previous tests. We found groups of students split into two subgroups. Referring to Table 2, we see that student performance is related to their motivation about Revit to improve their grades. The data from tests 2.1 and 2.2 show 90% confidence that the students who went through the BC course with Revit have a lower perception of this tool to improve their grades.

Table 2 Motivation—statistical description and analysis of results

Motivation												
Descriptive							Analysis					
Test	Variable	<i>N</i> Obs.	Min	Max	Mean	SD	<i>U</i> (independent) <i>Z</i> (dependent)	Expected value (independent)	Variance (<i>U</i>) (independent)	<i>p</i> value	Alpha	Confidence
Motivation to use Revit at their studies and future career from 1–5												
1.1	BC-G3	16	1.0	5.0	3.000	1.317	–2.796c			0.005	0.05	99.5%
	ABS-G3	26	0.0	5.0	4.269	1.699						
1.2	ABS-G2	28	1.0	5.0	3.679	1.188	264.0	364.0	2966.9	0.034	0.05	96.6%
	ABS-G3	26	3.0	5.0	4.269	0.667						
Used of BIM to improve their grading												
2.1	BC-G3	8	1.0	5.0	3.000	1.309	–.108b			0.914	0.05	91.4%
	ABS-G3	13	2.0	5.0	3.385	0.870						
2.2	ABS-G2	14	2.0	5.0	3.857	0.949	116.5	91.0	384.611	0.101	0.05	89.9%
	ABS-G3	13	2.0	5.0	3.385	0.870						

The analysis of the motivation tests provides the first turning point to our research questions. The motivation of G3 students toward BIM increased after finishing the ABS course in comparison with the students of g2. Meanwhile, G3 students had less confidence on Revit to improve their grades than the g2 students did.

The performance analysis consists of three parts. The first (Test 3.1) of Table 3 is the performance comparison of the students groups to check whether the students have similar proficiency for the construction courses. The statistical analysis shows that the students of G3 had performed similarly in the building systems (BS) course compared to the former group of students with a confidence of 96.4%. This result validates our hypothesis that the students' level in the AE department is similar, so we can compare the performance of different groups of students at different stages of their studies to understand how the implementation of Revit may or may not modify their performance.

The statistical analysis in Test 3.2 shows that the performance of students from G3 decreased by 25% meaning that it splits the class into two different groups: those who succeeded using Revit and improved or maintained their performance, and those who did not succeed and failed or dropped the course. In addition, we can see that this is the first time that any of our students failed or dropped the course. Finally, Test 3.3 shows that the grades also decreased by 10% in the ABS course from those students

who passed the course of BC using Revit. This means that even for those who succeeded to use both IT tools at the BC course, their performance had been affected by the BIM implementation.

These results do not satisfy the performance improvement research question, and it will be analyzed at the student interviews. We will provide some answers and recommendations that will be implemented in the next semester of the BC course.

On the satisfaction level, the students were asked about two main issues. The first was their satisfaction with Revit to develop their projects. The second was about their intentions to use either AutoCAD or Revit to develop their future projects. In the first analysis, Tests 4.1 and 4.2 of Table 4 show that their satisfaction with the Revit tool increased.

When talking about their future intention of using AutoCAD, the BC course where we implemented Revit had the lowest intention, despite the decrease on student performance with Revit. This could be explained, because it is the only course where the students have to use Revit to improve their skills.

The intention of using AutoCAD in future projects increased for G3 students after the ABS course. However, this increase of G3 students' intention is still lower than the intentions of g2 students.

Tests 6.1 and 6.2 were about intentions to use Revit to deliver projects after graduation. BC G3 data show that the

Table 3 Performance—statistical description and analysis of results

Performance		Analysis										
Descriptive										Analysis		
Test Variable	N Obs.	Min	Max	Mean	SD	<i>U</i> (independent)	<i>Z</i> (dependent)	Expected value (independent)	Variance (<i>U</i>) (independent)	<i>p</i> value	Alpha	Confidence
3.1 BS-g2	10	70.0	90.3	84.120	5.812	41.0		40.0	125.490	0.964	0.05	96.4%
BS-G3	8	70.0	91.5	81.625	8.794							
3.2 BC-G1 + G2	29	54.0	97.0	77.310	11.926	183.0		130.5	847.229	0.037	0.05	96.3%
BC-G3	9	0.0	88.0	51.889	35.279							
3.3 ABS-G1 + G2	28	60.5	78.5	71.268	4.951	111.5		70.0	394.943	0.020	0.05	98.0%
ABS-G3	5	60.0	70.0	66.400	4.336							

Table 4 Satisfaction—statistical description and analysis of results

Satisfaction												
Descriptive							Analysis					
Test	Variable	<i>N</i> Obs.	Min.	Max	Mean	SD	<i>U</i> (independent) <i>Z</i> (dependent)	Expected value (independent)	Variance (<i>U</i>) (independent)	<i>p</i> value	Alpha	Confidence
BIM based on Revit to develop their projects												
4.1	BC-G3	32.0	1.0	5.0	3.250	1.3	−1.892c			0.1	0.05	94.2%
	ABS-G3	52.0	2.0	5.0	3.827	0.9						
4.2	ABS-G2	56	1.0	5.0	3.107	1.303	993.0	1456.0	24,770.143	0.002	0.05	99.8%
	ABS-G3	52	2.0	5.0	3.827	0.879						
Tools usage for the following projects												
AutoCAD												
5.1	BC-G3	8	1.0	5.0	3.125	1.642	−1.069c			0.285	0.05	71.5%
	ABS-G3	13	1.0	5.0	4.000	1.155						
5.2	ABS-G2	14	1.0	5.0	4.429	1.158	118.5	91.0	344.167	0.073	0.050	92.7%
	ABS-G3	13	1.0	5.0	4.000	1.155						
Revit												
6.1	BC-G3	8	1.0	5.0	3.125	1.553	−1.510c			0.131	0.050	86.9%
	ABS-G3	13	3.0	5.0	4.231	0.725						
6.2	ABS-G2	14	1.0	5.0	2.857	1.292	34.5	91.0	393.556	0.002	0.050	99.8%
	ABS-G3	13	3.0	5.0	4.231	0.725						

students are neutral, though with a high deviation. This effect is seen in all data analyzed for BC G3. Creating two groups of students is already explained. The statistical data of the 6.1 and 6.2 test show increased student motivation with Revit and intentions to use it in their future projects compared to G2 students. This increased effect continues after finishing the course.

5.1 Interviews

We conducted three interviews with a group of seven students from Group 3 who finished the BC course with Revit. In these interviews, the students gave their points of view and reasons for the data that we have just analyzed. These seven points are the main reasons and conclusions from the three interviews validated by the students:

- Two out of three students interviewed finished the exercises on AutoCAD, instead of Revit (as they were asked);
- All students lacked previous skills, even the ones who succeeded in using Revit agree that they need more time to learn and apply it properly;
- All of them think that Revit saves time, so they have continued improving their BIM skills after the course, to use it properly in their projects;
- All of them said that Revit is faster to develop projects and helps them understand the course materials. However, AutoCAD provides more freedom to develop custom building details;
- Only one student said that it was fine to use both programs at the same time, while the other two got confused and after trying Revit they finished their

exercise using AutoCAD because they are used to working with it;

- All of them would like to focus on Revit, but two of them feel AutoCAD is necessary to create 2D detailing due to the freedom;
- One of them pointed out that it would be necessary to have an introductory course for architectural skills before using Revit in another course.

It is obvious from the interviews that students have difficulties in implementing BIM. The results show that half of the BC G3 course did not respond well. This has led us to come up with a set of recommendations for implementing BIM for better outputs. These recommendations will be discussed in the next section.

6 Conclusions

The students believe that BIM improves their work efficiency and the understanding of the course materials, which lead them to improve their motivation and satisfaction in the use of Revit. We did not accomplish, however, the improvement of their performance at the course due to the students' lack of skills with the new ICT and the wrong approach of the course. The building components course should be redesigned to use several ICTS as delivery methods. A deep analysis of the results concludes that:

- From the group who used Revit during the building components (BC) course, motivation decreased during the c course, and increased a lot after finishing their construction courses. After the ABS course, the students realized that Revit is faster for developing, improving and understanding their projects;
- Half of the students became confused by the use of two ICTs simultaneously, which can deliver similar outputs, so they dropped the ICT in which they had fewer skills;
- The satisfaction with Revit to develop their projects increased since they began to use it and is constantly growing as they improve their skills;
- The performance of the BC using Revit decreased because half of the students did not succeed in working simultaneously with AutoCAD and Revit, due to their lack of previous skills and time. This situation confused those students. Students explained in the interviews that currently they are highly motivated and they would rather have that course separating AutoCAD and Revit in two different stages of the course;
- The intention of using Revit in their future projects grows at the same time as their skills due to the work efficiency improvement.

A conclusion regarding BIM implementation should be that a properly designed course would make a perfect fit for the new IT tool. That would improve the students' efficiency to develop working drawings and a better understanding of the construction concepts explained in the course. This change will improve not only student motivation and satisfaction but also their learning process and performance. Due to this recommendation, the BC course has been redesigned totally to fit both IT tools without overlapping them.

References

1. National Institute of Building Sciences, building SMART alliance. National BIM Standard-United States[®] Version 3, 2015
2. Banawi, A.: identifying benefits and challenges of implementing building information modeling in building industry—case study approach. *Autom. Constr. J.* (**under review**)
3. Milliken, J., Barnes, L.P.: Teaching and technology in higher education: student perceptions and personal reflections. *Comput. Educ.* **39**(03), 223–235 (2002)
4. Educaweb: <http://www.educaweb.com/noticia/2013/01/18/52-docentes-ha-tenido-problemas-utilizar-tic-aula-debido-fallos-tecnicos-5940/>. Retrieved 18 Mar 2013 (2013)
5. Salleh, H., Phui, Fung W.: Building information modelling application: focus-group discussion. *Gradevinar* **66**(08), 705–714 (2014)
6. Rogers, D.L.: A paradigm shift: technology integration for higher education in the new millennium. *Educ. Technol. Rev.* **2000**, 19–27 (2000)
7. Bates, T., Poole, G., Davis, C.H., Shaw, D., Esqueda Oliva H, et al.: Effective teaching with technology in higher education: foundations for success. e-libro, Corp, 2003
8. Kymmell, W.: Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations. McGraw Hill Professional, New York (2007)
9. Chang, Y., Shih, S.: BIM-based computer-aided architectural design. *Comput. Aided Des. Appl.* **10**(1), 97–109 (2013)
10. State Education Resource Center (SERC): Best practices from the state education resource center. Retrieved 4 Apr 2013. Available at: <http://ctserc.org/docs/SERCWorks-spring2011.pdf> (2011)
11. Riera, A.S., Redondo, E., Fonseca, D.: Geo-located teaching using handheld augmented reality: good practices to improve the motivation and qualifications of architecture students. *Univ. Access Inf. Soc.* **14**(3), 363–374 (2015)
12. Valverde Berrocoso, J., Arroyo, Garrido, del Carmen, María, Fernández Sánchez, R.: Enseñar y aprender con tecnologías: un modelo teórico para las buenas prácticas educativas con TIC. *Teoría Educ.* **11**(1), 26 (2010)
13. Fonseca, D., Redondo, E., Villagrasa, S.: Mixed-methods research: a new approach to evaluating the motivation and satisfaction of university students using advanced visual technologies. *Univ. Access Inf. Soc.* **14**(3), 311–332 (2015)
14. Guney, D.: The importance of computer-aided courses in architectural education. *Proc. Soc. Behav. Sci.* **176**, 757–765 (2015)
15. Gorghiu, L.M., Gorghiu, G., Dumitrescu, C., Olteanu, R.L., Glava, A.E.: Integrating ICT in traditional training—reactions of teachers and pupils' involved in FISTE project activities. *Proc. Soc. Behav. Sci.* **30**, 1142–1146 (2011)

16. Wang, T.: Rethinking teaching with information and communication technologies (ICTs) in architectural education. *Teach. Educ.* **25**(8), 1132–1140 (2009)
17. Rabee Reffat, K.: Revitalizing architectural design studio teaching using ICT: reflections on practical implementations. *Int. J. Educ. Dev. ICT* **3**(1), 39 (2007)
18. Oxman, R.: Theory and design in the first digital age. *Des. Stud.* **27**(3), 229–265 (2006)
19. Magdy, I., Krawczyk, R.: The level of knowledge of CAD objects within the building information model. In: Association for Computer-Aided Design in Architecture 2003 Conference, 2003
20. Kocaturk, T.: An investigation of the emerging knowledge in digital design from a multidisciplinary perspective. *Arch. Eng. Des. Manag.* **3**(2), 93–105 (2007)
21. Taylor, M., Junshan, L., Michael, F.: Integration of building information modeling (BIM) into an ACCE accredited construction management curriculum. In: Proceedings of the 44th Annual Conference by Associated Schools of Construction. Auburn University, 2008
22. Barison, M.B., Santos, E.T.: Review and analysis of current strategies for planning a BIM curriculum. In: Proceedings of the CIB W78 2010 27th International Conference, 2010
23. Barison, M.B., Santos, E.T.: BIM teaching strategies: an overview of the current approaches. In: Proceedings of the ICCBE 2010 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, 2010
24. Hietanen, J., Drogemuller, R.: Approaches to university level BIM education. IABSE Conference, 2008
25. Ferrandiz, J., Fonseca, D., Banawi, A.: Mixed method assessment for BIM implementation in the AEC curriculum. In: International Conference on Learning and Collaboration Technologies. Springer, 2016
26. Fonseca, D., Villagrasa, S., Valls, F., Redondo, E., Climent, A., Vicent, L.: Engineering teaching methods using hybrid technologies based on the motivation and assessment of student's profiles. In: Frontiers in Education Conference (FIE). IEEE, 2014
27. Fonseca, D., Villagrasa, S., Valls, F., Redondo, E., Climent, A., Vicent, L.: Motivation assessment in engineering students using hybrid technologies for 3D visualization. In: 2014 International Symposium on Computers in Education (SIIE). IEEE, 2014
28. Neuhäuser, M., Wilcoxon, F.: Individual comparisons by ranking methods. *Biom. Bull.* **1**(6), 80–83 (2011)
29. Fay, M.P., Proschan, M.A.: Wilcoxon–Mann–Whitney or *t*-test? On assumptions for hypothesis tests and multiple interpretations of decision rules. *Stat Surv* **4**, 1–39 (2010)
30. DePuy, V., Berger, V.W., Zhou, Y.Y.: Wilcoxon–Mann–Whitney test. In: Everitt, B.S., Howell, D.C. (eds.) *Encyclopedia of statistics in behavioral science*, Wiley (2005)
31. Neuhäuser, M.: Wilcoxon–Mann–Whitney test. In: *International encyclopedia of statistical science*, pp. 1656–1658. Springer, Berlin (2011)

